

Российская академия транспорта
ЗАО «Курганстальмост»
Правительство Курганской области
Уральский государственный университет путей сообщения
Курганский институт железнодорожного транспорта

ИННОВАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ

**II МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 35-ЛЕТИЮ ЗАО «КУРГАНСТАЛЬМОСТ»**

5-6 ИЮНЯ 2014 г.

Курган 2014

И 66
УДК 656
ББК 73

И 66 Инновации и исследования в транспортном комплексе : Материалы II Международной научно-практической конференции. – Курган, 2014. – 406 с.

ISBN 978-5-904064-10-5

Редакционная коллегия

Д.Н. Парышев, действительный член РАТ, Генеральный директор ЗАО «Курганстальмост» (председатель конференции); *В.И. Копырин*, технический директор ЗАО «Курганстальмост», канд. техн. наук (зам. председателя конференции); *В.В. Харин*, зам. директора по научной работе и инновационному развитию Курганского института железнодорожного транспорта, действительный член РАТ (зам. председателя конференции); *Е.М. Кузнецова*, начальник научно-исследовательского и редакционно-издательского отдела Курганского института железнодорожного транспорта (зам. председателя конференции).

Члены редакционной коллегии


П.А. Козлов, вице-президент РАТ, президент НП холдинг «СТРАТЕГ», д-р техн. наук, профессор; *А.Г. Галкин*, председатель Уральского межрегионального отделения РАТ, ректор УрГУПС, д-р техн. наук, профессор; *А.Г. Кокорин*, ВРИО губернатора Курганской области, канд. экон. наук; *А.В. Ефимов*, член президиума РАТ, профессор УрГУПС; *С.В. Бушуев*, проректор УрГУПС по научной работе и международным связям, канд. техн. наук, доцент; *А.К. Остапчук*, канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой ОПД КИЖТ УрГУПС; *И.Г. Овчинников*, действительный член РАТ, МАН, ВШ, ЖКАРФ, АПКРФ, ASCE, IABSE, RILEM, д-р техн. наук, профессор СГТУ, г. Саратов; *Б.С. Юшков*, действительный член РАТ, канд. техн. наук, профессор, зав. каф. АДМ ПНИПУ; *В.М. Самуйлов*, д-р экон. наук, профессор УрГУПС, действительный член РАТ; *И.А. Тараторкин*, зав. отделом механики Института Машиноведения УрО РАН, д-р техн. наук, профессор, действительный член РАТ; *В.Б. Держанский*, д-р техн. наук, профессор, действительный член РАТ, зав. кафедрой «Колесные и гусеничные многоцелевые машины» КГУ; *Н.М. Филькин*, действительный член РАТ, д-р техн. наук, профессор ИЖГТУ, г. Ижевск; *А.М. Попов*, уч. секретарь Сибирского отделения РАТ, д-р техн. наук, профессор; *О.Ю. Моисеев*, Генеральный директор ООО «Мостпроект» г. Курган; *С.Л. Голофаст*, д-р техн. наук, профессор ТюмНГУ.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за точность приведенных цитат, собственных имен, прочих сведений и соответствие ссылок оригиналу, за достоверность приведенных результатов исследования.

ISBN 978-5-904064-10-5

УДК 656
ББК 73

© ЗАО «Курганстальмост», 2014
© Авторы, 2014



Уважаемые коллеги, друзья!

Этот международный научно-практический форум по транспортному комплексу совпал с важной для нашего завода датой – его 35-летием. Завод зарождался в начале 70-х годов, когда встала необходимость в освоении нефтегазовых месторождений Тюменского Севера, строительстве БАМа, развитии сети дорог Казахстана, Средней Азии, Сибири, Дальнего Востока. 25 ноября 1974 г. Министерством транспортного строительства был утвержден проект строительства завода металлических конструкций в г. Кургане. Официальная же история нашего завода начинается с 1979 г., когда жарким июльским днем из ворот цеха №1 вышел сцеп из двух вагонов, на котором разместился «первенец» завода – железнодорожное пролетное строение длиной 23 метра для моста на Байкало-Амурской магистрали.

В конце 1990г. Курганстальмост возглавил мой отец – Николай Васильевич Парышев. Для завода это было тяжелое время перестройки. Уже тогда у него и проявился талант крупного организатора, благодаря которому Курганстальмост заявил о себе как об одном из перспективных предприятий отечественного мостостроения. С 1992 года Николай Васильевич активно участвовал в становлении Уральского межрегионального Отделения Российской Академии транспорта.

Почти шесть лет назад судьба возложила на меня большую ответственность — продолжить дело моего отца на посту Генерального директора, а также в Академии транспорта. Искренне желаю всем коллегам и единомышленникам по транспортному комплексу России и Зарубежья здоровья и ярких творческих достижений!

ПАРЫШЕВ Дмитрий Николаевич
Генеральный директор ЗАО «Курганстальмост»,
действительный член Российской Академии транспорта

Уважаемые коллеги!

Вторая Международная научно-практическая конференция по транспортному комплексу приурочена к 35-летию флагмана Российского мостостроения – ЗАО «Курганстальмост». Являясь неотъемлемой частью транспортного комплекса РОССИИ, завод с момента возникновения Российской Академии транспорта стал неотъемлемой частью Академии — Уральского межрегионального Отделения.

Такому научному и производственному союзу Курганстальмост обязан его первому Генеральному директору, одному из активных организаторов транспортной Академии – Николаю Васильевичу Парышеву, вместе с которым в качестве ученого секретаря мне довелось участвовать в становлении нашего Отделения РАТ. Сегодня Курганстальмост возглавляет Дмитрий Николаевич Парышев - достойный продолжатель дел своего отца.

Целью наших форумов является развитие и укрепление связей ученых и производителей России и Зарубежья в области транспорта. Организаторы второй Международной научно-практической конференции, юбилейной для Курганстальмоста, искренне благодарят всех её участников. От себя желаю коллегам–транспортникам в России и за её пределами здоровья и творческой удачи!

ХАРИН Валерий Васильевич

Заместитель директора по научной работе и инновационному развитию
Курганского института железнодорожного транспорта,
Председатель Курганского научного центра
Российской Академии транспорта



СЕКЦИЯ 1. ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И ЕГО ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

УДК 629.4-592

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ ТРАКТОРА FENDT 936 VARIO

METHOD OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF PROCESS OF BRAKING TRACTOR FENDT 936 VARIO

Ключевые слова: колесный трактор, торможение, гидрообъемно-механическая трансмиссия, экспериментальное исследование.

Keywords: wheeled tractor, braking, hydrostatic mechanical transmission, experimental research.

Аннотация

В работе приведена методика экспериментального исследования влияния законов нажатия на педаль тормоза и управления джойстиком при движении со всеми и одним ведущим мостом дорогами с разным коэффициентом сцепления, и варьируемой силой тяги на крюке на управляемость и тормозную эффективность трактора Fendt 936 Vario, описан принцип действия приборов и аппаратуры, которые использовались при испытаниях.

Annotation

In work the method of experimental research of influencing of laws of pressure is resulted on the pedal of brake and management by a joystick at motion with all and one leading bridge by roads with a different coefficient of rolling friction, and varied tractive force, on a hook on dirigibility and brake efficiency of tractor of Fendt 936 Vario, principle of action of devices and apparatus, which were used for the tests, is described.

Бондаренко Анатолий Игоревич

Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
докторант кафедры автомобиле- и
тракторостроения, канд. техн. наук, доцент
anatoliybon@rambler.ru

Митцель Николай Александрович

Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
аспирант кафедры автомобиле- и
тракторостроения

Пелипенко Евгений Сергеевич

Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»,
аспирант кафедры автомобиле- и
тракторостроения

Постановка проблемы. Характерной особенностью рынков развитых европейских стран является постоянное уменьшение предложений тракторов, оборудованных механическими ступенчатыми коробками передач, и увеличение с бесступенчатыми (в 2007 г. тракторов с бесступенчатыми трансмиссиями предлагалось 16,5%, а в 2013 г. – 25,9%).

Популярность бесступенчатых трансмиссий непрерывно растет, что становится очевидным из постоянного увеличения объемов производства тракторов фирмы «Fendt», которая является пионером в создании гидрообъемно-механических трансмиссий (ГОМТ) в тракторостроении и на сегодняшний день полностью перешла на производство тракторов именно с ГОМТ.

Анализ последних исследований и публикаций. Использование акселерометров в процессе экспериментальных исследований обусловлено возможностью определения величины продольных, боковых и вертикальных ускорений транспортных средств, оценки их аэродинамических, тягово-скоростных, тормозных качеств, управляемости и устойчивости, плавности движения и др. [1–5].

Именно благодаря мобильному измерительному комплексу, разработанному кафедрой технологии машиностроения и ремонта машин Харьковского национального автомобильно-дорожного университета (ХНАДУ) [4], можно определить экспериментальным путем влияние законов нажатия на педаль тормоза и управления джойстиком на управляемость и тормозную эффективность колесных тракторов с ГОМТ.

Вопрос исследования процесса торможения колесных тракторов с ГОМТ является на данный момент актуальным именно потому, что существуют прецеденты, когда операторы-водители этих тракторов травмировались в процессе торможения, причем это не одиночные случаи. В публикациях почти все внимание уделяется разработке рациональных схем ГОМТ для тракторов разных классов и назначения или исследованию динамики разгона тракторов с ГОМТ [6–9] при полном отсутствии информации о взаимодействии ГОМТ с тормозной системой.

Цель и постановка задачи. Целью данной работы является разработка методики экспериментального исследования процесса торможения колесного трактора Fendt 936 Vario с ГОМТ при движении со всеми и одним ведущим мостом дорогами с разным коэффициентом сцепления, и варьируемой силой тяги на крюке при разнообразных законах нажатия на педаль тормоза и управления джойстиком (при разных степенях замедления – I, II, III, IV).

Для достижения поставленной цели необходи-

мо решить следующие задачи: определить условия проведения испытаний, объект исследования, задания испытаний, приборы и аппаратуру.

Методика экспериментального исследования процесса торможения трактора Fendt 936 Vario. Условия проведения испытаний должны соответствовать условиям работы тракторов при выполнении транспортных и полевых работ.

Объектом исследований выступает трактор Fendt 936 Vario (рис. 1).



Рис. 1. Трактор Fendt 936 Vario

Задачи испытания заключаются в определении:

- тормозного пути S_T и максимального отклонения от заданной траектории Δ_{\max} трактора при торможении со всеми и одним ведущим мостом на тяговом и транспортном диапазонах трансмиссии на дорогах с разным коэффициентом сцепления (сухой асфальт, мокрый асфальт, снег), с максимально возможной скоростью V_{\max} в заданных условиях эксплуатации, с последующим шагом $\Delta V=10$ км/час в сторону уменьшения до $V=10$ км/час, с силой тяги на крюке от $P_{кр}=0$ кН с последующим шагом $\Delta P_{кр}=10$ кН в сторону увеличения до максимально возможного значения $P_{кр\max}$ при разнообразных законах нажатия на педаль тормоза $h_T=f(t_T)$ (h_T – перемещение педали тормоза, t_T – время, за которое происходит данное перемещение) и управления джойстиком $h_d=f(t_d)$ (h_d – перемещение джойстика, t_d – время за которое происходит данное перемещение);
- зависимости тормозного пути S_T и максимального отклонения от заданной траектории Δ_{\max} от

начальной скорости торможения V , силы тяги на крюке $P_{кр}$, количества ведущих мостов и условий эксплуатации (сухой асфальт, мокрый асфальт, снег).

Нахождение тормозного пути S_T и максимального отклонения от заданной траектории Δ_{\max} происходит путем двойного интегрирования продольных и боковых ускорений, что допустимо в связи с незначительной длительностью процесса торможения.

Результаты исследований сводятся в табл. 1. Первый раз табл. 1 заполняется, когда рассматривается торможение путем нажатия только на педаль тормоза, то есть вместо $h=f(t)$ подставляется $h_T=f(t_T)$, второй раз – когда исследуем процесс торможения путем управления джойстиком при различных степенях замедления (I, II, III, IV) [10], в этом случае вместо $h=f(t)$ подставляем $h_d=f(t_d)$. Каждое измерение проводится 3 раза.

Схема расположения оборудования на тракторе приведена на рис. 2 и состоит из следующих приборов и аппаратуры: видеокамеры; двух акселерометров; двух ноутбуков; электронного динамометра.

Таблица 1

Результаты исследований процесса торможения Fendt 936 Vario

Законы $h=f(t)$	Тяговый диапазон				Транспортный диапазон	
	Ведущих два моста		Ведущий задний мост		Ведущий задний мост	
	S_T	Δ_{\max}	S_T	Δ_{\max}	S_T	Δ_{\max}
Дорожная поверхность - сухой асфальт, торможение со скорости $V=V_{\max}$ км/час, сила тяги на крюке $P_{кр}=0$ кН						
$h_1=f(t_1)$						
...						
$h_n=f(t_n)$						
...						
Дорожная поверхность - сухой асфальт, торможение со скорости $V=V_{\max}$ км/час, сила тяги на крюке $P_{кр}=P_{кр\max}$ кН						
$h_1=f(t_1)$						
...						
$h_n=f(t_n)$						
...						
Дорожная поверхность - сухой асфальт, торможение со скорости $V=10$ км/час, сила тяги на крюке $P_{кр}=0$ кН						
$h_1=f(t_1)$						
...						
$h_n=f(t_n)$						
...						
Дорожная поверхность - сухой асфальт, торможение со скорости $V=10$ км/час, сила тяги на крюке $P_{кр}=P_{кр\max}$ кН						
$h_1=f(t_1)$						
...						
$h_n=f(t_n)$						
Дорожная поверхность - мокрый асфальт						
...						
Дорожная поверхность - снег						
...						

Основная функция видеокамеры 1 (рис. 2) – фиксация изменения положения педали тормоза и джойстика на протяжении процесса торможения с целью определения законов $h_T=f(t_T)$ и $h_d=f(t_d)$,

а также степени замедления. При этом перед процессом торможения свободное и полное перемещение педали тормоза трактора измерялось с помощью линейки.

Для определения продольных и боковых ускорений в процессе торможения трактора Fendt 936 Vario использовался мобильный измерительный комплекс (рис. 3), разработанный кафедрой технологии машиностроения и ремонта машин ХНАДУ [4], который состоит из акселерометра Freescale Semiconductor, модель MMA7260QT (поз. 5, 6, рис. 2), ноутбука 4 для обработки и хранения данных, полученных в процессе проведения эксперимента.

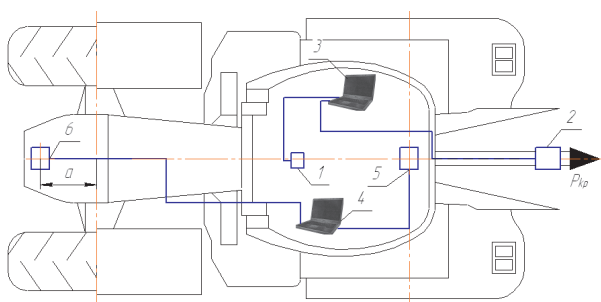


Рис. 2. Схема расположения оборудования на тракторе Fendt 936 Vario: 1 – видеочкамаера; 2 – электронный динамометр; 3 – ноутбук для сохранения результатов с видеочкамаеры и электронного динамометра; 4 – ноутбук для сохранения результатов с акселерометров; 5, 6 – акселерометры; $a=0,75$ м



Рис. 3. Мобильный измерительный комплекс, разработанный кафедрой технологии машиностроения и ремонта машин ХНАДУ: 1, 2 – акселерометры; 3 – ноутбук

Акселерометры MMA7260QT, которые используются в комплексе, – емкостные с тремя рабочими осями и границей измерения $\pm 1,5g$, имеют максимальную погрешность 1%.

В процессе подготовки к проведению эксперимента акселерометры устанавливались по схеме, которая приведена на рис. 2. После установки и настройки мобильного измерительного комплекса (рис. 4) проводилось экспериментальное исследование процесса торможения колесного трактора Fendt 936 Vario по методике, которая была приведена выше. В результате для разных законов нажатия на педаль тормоза и управления

джойстиком при движении со всеми и одним ведущим мостом дорогами с разным коэффициентом сцепления и варьируемой силой тяги на крюке определялись продольные и боковые ускорения.



Рис. 4. Установка и настройка мобильного измерительного комплекса на тракторе Fendt 936 Vario

Для хранения и обработки результатов, полученных при исследовании процесса торможения трактора Fendt 936 Vario с электронного динамометра 2 (рис. 2) и видеочкамаеры 1, пользовались ноутбуком 3.

Использование электронного динамометра 2 (рис. 2) позволяет определять силу тяги на крюке в диапазоне 100–5000 кг, максимальная погрешность не превышает $\pm 0,2\%$. Сигнал с электронного динамометра (рис. 5) в кг с периодичностью 0,2 с в цифровом виде подавался на ноутбук 3 (рис. 2) и отображался в специально разработанной программе, интерфейс которой представлен на рис. 6.

Он состоит из четырех клавиш управления: «Старт», «Стоп», «Очистить», «Выход» – и одного окна – «Сила тяги на крюке».

Начало регистрации результатов начинается после запуска файла программы «ComServer.exe» (рис. 7) и нажатия на кнопку «Старт», остановка – при нажатии на кнопку «Стоп» (рис. 6). Промежуток времени, на протяжении которого происходит исследование, отображается в окне «Параметры» под надписью «Время» и измеряется в секундах. Масштаб отображения полученных результатов задается в окне «Параметры» (рис. 6) – «Масштаб».

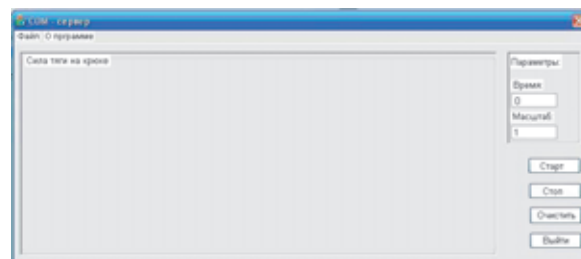


Рис. 6. Интерфейс программы для визуализации полученных результатов с электронного динамометра



SerialGate	dll
ComServer	exe
ComServer	exp
ComServer	ilk
ComServer	lib
ComServer	pdb
data	txt

Рис. 7. Запуск программы для визуализации полученных результатов с электронного динамометра



Рис. 5. Электронный динамометр

Визуально изменение силы тяги на крюке от времени на протяжении исследования можно наблюдать в окне «Сила тяги на крюке». Ликвидация полученных результатов из данного окна осуществляется при нажатии на кнопку «Очистить». Для выхода из программы достаточно воспользоваться соответствующей кнопкой – «Выход». Хранение результатов испытания автоматически происходит в текстовом файле «data.txt» (рис. 7) в два столбика: правый – время в секундах, левое – значение силы тяги на крюке в кг.

Вывод. В работе приведена методика экспериментального исследования влияния законов нажатия на педаль тормоза и управления джойстиком при движении со всеми и одним ведущим мостом дорогами с разным коэффициентом сцепления, и варьированной силой тяги на крюке на управляемость и тормозную эффективность трактора Fendt 936 Vario, описан принцип действия приборов и аппаратуры, которые использовались при испытаниях.

Список литературы

1. Клец Д.М. Определение угла продольного наклона автомобиля при проведении динамических испытаний // Вестник НТУ «ХПИ». Серия: Транспортное машиностроение. – 2011. – № 18. – С. 24-29.
2. Артемов М.П. Исследование динамики машинно-тракторных агрегатов с помощью метода парциальных ускорений // Сборник научных трудов (отраслевое машиностроение, строительство). – 2012. – № 2(32). Т.1 – С. 3-12.
3. Подригало М.А., Артемов М.П., Клец Д.М. и др. Определение необходимого количества акселерометра и места их установки при динамических испытаниях мобильных машин // Механика и машиностроение. – 2012. – № 2. – С. 127-135.
4. Клец Д.М. Разработка мобильного регистрационно-измерительного комплекса для проведения динамических испытаний колесных машин // Вестник Национального транспортного университета. – 2012. – № 25. – С. 234-241.
5. Клец Д.М. Применение акселерометров в качестве элементов контрольно-измерительной системы автомобиля // Вестник СХУ им. Владимира Даля. – 2012. – № 9 (180). – Ч.1. – С. 224-230.
6. Самородов В.Б., Шуба С.А. Методика определения оптимальной схемы для бесступенчатой гидрообъемно-механической трансмиссии трактора с использованием весовых коэффициентов критериев оценки // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: Автомобиль- и тракторостроение. – 2010. – № 33. – С. 22 – 27.
7. Самородов В.Б., Григоров О.В., Бондаренко А.И. Анализ бесступенчатых двухпоточных гидрообъемно-механических тракторных трансмиссий: выбор и обоснование перс-

пективных схем // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: Транспортное машиностроение. – 2012. – № 20. – С. 24-46.

8. Самородов В.Б., Подмолода Д.А., Бондаренко А.И. Синтез бесступенчатых двухпоточных гидрообъемно-механических тракторных трансмиссий // Вестник ХНТУСХ им. Петра Василенко. Механизация сельскохозяйственно-го производства. – 2013. – № 135. – С. 140-150.

9. Самородов В.Б., Рогов А.В. Обоснование оптимальных конструктивных параметров бесступенчатой трансмиссии трактора // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: Автомобиле- и тракторостроение. – 2010. – № 1. – С. 8-14.

10. www.profi-mediacentr.com/eastspecial.html.

УДК 621.839.36

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ЦЕНТРОИДНЫХ МЕХАНИЗМОВ, АДАПТИРОВАННЫХ К 2D-ТЕХНОЛОГИЯМ

DEVELOPMENT OF CONSTRUCTIONS OF CENTROIDS MECHANISMS ADAPTED TO THE 2D-TECHNOLOGY

Ключевые слова: центроидный механизм, безводильная планетарная передача, планетарно-роторная гидромашина, 2D-технологии.

Keywords: centroid mechanism, planetary gear without carrier, planetary-rotor pump, 2D-technology

Аннотация

Существенного снижения стоимости изготовления машин транспортного комплекса можно добиться, адаптируя их конструкции к 2D-технологиям. Статья посвящена разработке соответствующих конструкций центроидных механизмов, а именно, планетарных передач безводильного типа и планетарно-роторных гидромашин.

Annotation

A substantial reduction in the cost of manufacturing cars transport complex can be achieved by adapting their designs to the 2D technology. The article is devoted to the development of appropriate structures centroids mechanisms, namely, planetary gear without carrier and planetary-rotor pumps.

Волков Глеб Юрьевич

Курганский государственный университет,
профессор, д-р техн. наук,
кафедра «Гусеничные машины и прикладная
механика»

тел. (3522) 23-36-12, vlkv48@mail.ru

Курасов Дмитрий Алексеевич

Курганский государственный университет,
доцент, канд. техн. наук,
кафедра «Гусеничные машины и прикладная
механика»

тел. (3522) 23-36-12, naukka@mail.ru

Колмаков Станислав Витальевич

Курганский государственный университет,
аспирант, кафедра «Гусеничные машины и
прикладная механика»

тел. (3522) 23-36-12, stas160487@yandex.ru

Современное машиностроение (в том числе транспортное машиностроение) построено преимущественно на технологических операциях, связанных с резанием металла. Помимо затрат на многочисленное станочное оборудование и инструмент это требует присутствия большого количества квалифицированных рабочих. В итоге, стоимость изделий, выпускаемых с применением традиционных технологий, высока. Принципиально новым, прорывным решением представляется использование 3D-принтеров. Однако подобные технологии находятся лишь в зачаточной стадии развития. В настоящее время существуют и активно развиваются 2D-технологии, в частности лазерная и гидроабразивная резка листового материала. Эти технологии характеризуются высокими производительностью, степенью автоматизации и точностью обработки, однако практическое применение нашли пока преимущественно на заготовительных операциях. Причина в том, что при изготовления машин, конструкции которых разработаны под традиционную мехобработку, количество операций, осуществимых с использованием 2D-технологий, весьма ограничено. Существенного снижения стоимости изготовления машин можно добиться, адаптируя их конструкции к 2D-технологиям. Такая адаптация будет состоять в соблюдении ряда требований:

- большинство (а лучше все) детали механизма должны быть плоскими;

- нужно стремиться к тому, чтобы максимальное количество размеров деталей (в том числе наиболее точных) обеспечивалось именно операцией листовой резки;

- целесообразно выполнять звенья механизма в виде пакета соответствующих дисков. Кстати, помимо удовлетворения технологических требований это будет способствовать компенсации погрешностей изготовления деталей за счет их самоустановки.

Для подобной адаптации подходят центроидные механизмы. С указанных позиций нами изучаются две группы механизмов:

- планетарные передачи безводильного типа;

- планетарно-роторные гидромашин.

Планетарные механизмы содержат центральные зубчатые звенья и несколько сателлитов. Таким образом, большая часть их деталей являются плоскими зубчатыми колесами. Еще больше доля таких деталей в так называемых безводильных планетарных передачах. В простейших случаях безводильная передача может состоять из одних только зубчатых колес, часть которых снабжена элементами, обеспечивающими снятие с них вращающего момента. Подобная передача (рис.1)

[1] использована в механизме изменения наклона сиденья автомобиля. В ней все детали изготовлены по 2D-технологиям.

Нами рассматривается вся гамма известных и принципиально осуществимых безводильных планетарных передач. Предложен ряд новых схем (RU 2423634, RU 2442045, RU 2463499, RU 2466315, RU 105387, RU 108525). Разработаны методики параметрических расчетов. Модель одной из новых безводильных передач [2], детали которой изготовлены путем лазерной резки, показана на рис. 2.

Ниша, которая может быть занята планетарными передачами, изготавливаемыми по 2D-технологиям, – это кратковременно работающие приводы, для которых наиболее важны компактность и минимальная стоимость.

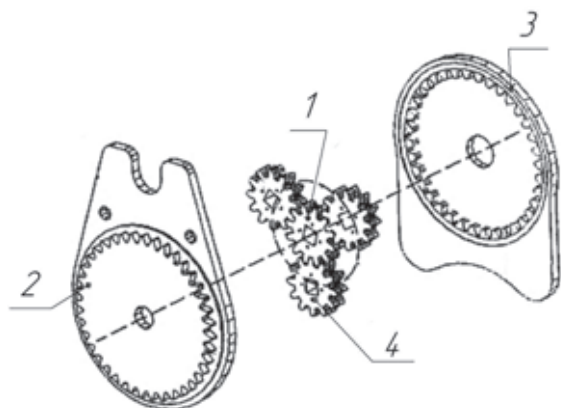


Рис. 1. Безводильная планетарная передача (WO 0144009 [1]): 1 – ведущее колесо; 2 – ведомое колесо; 3 – опорное колесо; 4 – сателлиты

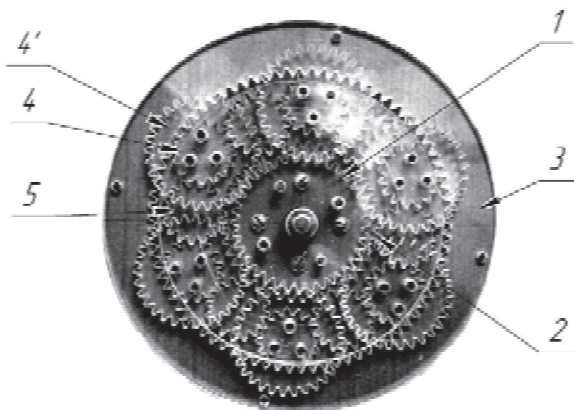


Рис. 2. Модель безводильной планетарной передачи (RU 2423634 [2]): 1 – ведущее колесо; 2 – ведомое колесо; 3 – опорное колесо; 4-4' – сателлиты внешнего слоя; 5 – сателлиты внутреннего слоя

В машиностроении широко используются гидравлические машины объемного вытеснения. Применяемые в настоящее время разновидности таких машин имеют свои достоинства и недостатки. Среди объемных гидромашин достаточно давно известны роторные насосы и двигатели, содержащие планетарный механизм, в котором работают переменные объемы, заключенные между центральными зубчатыми колёсами и пла-

вающими сателлитами. Центральные колёса могут быть как круглыми, так и некруглыми. Принципиальными достоинствами планетарно-роторных гидромашин являются большой полезный объем рабочих полостей, отсутствие нагруженных пар скольжения, нечувствительность к износу зубьев. Основной причиной, по которой подобные гидромашин до настоящего времени не находили широкого применения, является сложность изготовления зубчатых колес с внутренними и некруглыми зубьями. Использование 2D-технологий снимает такую проблему.

Нами проводится поиск оптимальных конструкций планетарно-роторных механизмов. Разработаны новые схемы с круглыми (рис. 3) [3] и некруглыми (рис. 4, 5) [4] колесами, особенностью которых является одинаковое число зубьев обоих центральных колес. По сравнению с существующими новые схемы имеют более простую конструкцию и больший полезный объем.

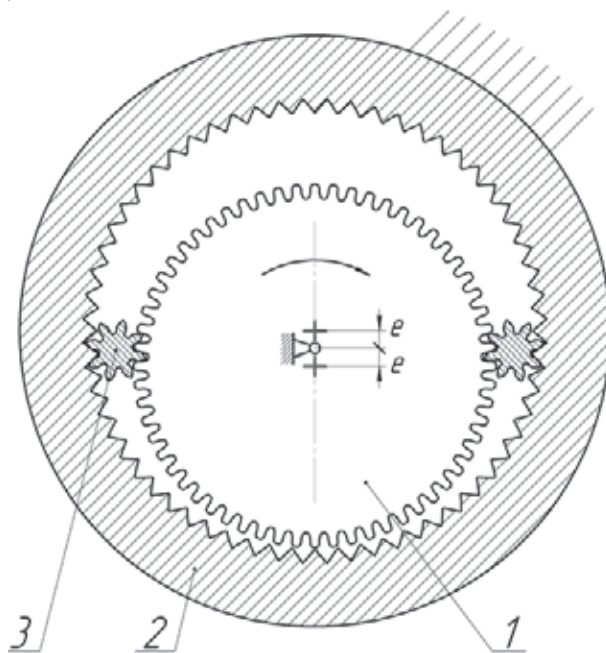


Рис. 3. Роторная планетарная гидромашина с круглыми зубчатыми звеньями (RU 2513057 [3]): 1, 2 – центральные зубчатые колеса; 3 – сателлиты

Существующие технологии позволяют изготавливать зубчатые звенья гидромашин из стали. Подобные конструкции способны выдерживать давление среды 50–100 атмосфер. Это, например, позволит создать гамму буровых насосов, которые будут в 3–5 раз компактнее и в 5–10 раз дешевле применяющихся в настоящее время плунжерных и поршневых насосов. Другие возможные применения планетарно-роторных гидромашин: насосы для перекачки нефти и мазута, насосы-дозаторы для различных жидкостей, насосы и двигатели гидроприводов, пневмодвигатели, вакуумные насосы низкого вакуума.

Анализ возможностей адаптации к 2D-технологиям множества плоских механизмов, не являющихся центроидными, также весьма актуален.

КОНТРОЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ АВТОМОБИЛЯ

THE CONTROL ENERGY BALANCE OF THE CAR BATTERY

Ключевые слова: автомобиль, аккумуляторная батарея, условия эксплуатации, терминал сбора данных, сила тока, энергия.

Keywords: vehicle, lead-acid battery, conditions of operation, data terminal, current intensity, energy

Аннотация

В работе рассмотрен вопрос контроля энергетического баланса аккумуляторной батареи, выделены существенные факторы, влияющие на надежность аккумуляторной батареи при эксплуатации в условиях крупного города. Предложены средства контроля и фиксации параметров аккумуляторной батареи в процессе эксплуатации.

Annotation

The paper considers the question of control of the energy balance of the battery, highlighted the significant factors affecting the reliability of the battery during operation in conditions of large cities. The proposed means of control and fixation of parameters of the battery during operation.

Галин Дамир Равилевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ), студент пятого курса, кафедры «Автомобили и технологические машины» автодорожного факультета. Eil2255@yandex.ru

Горбунов Алексей Анатольевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ), старший преподаватель кафедры «Автомобили и технологические машины» автодорожного факультета, autodiplom@mail.ru

Дмитренко Владимир Михайлович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ), доцент кафедры «Автомобили и технологические машины» автодорожного факультета, dmitrenko_perm@mail.ru

В настоящее время условия эксплуатации автомобиля в крупном городе ежегодно ухудшаются из-за роста уровня автомобилизации, который влечет неизбежное повышение интенсивности движения и сокращение среднесуточных и среднегодовых пробегов. По состоянию на конец 2013 г. на 1000 россиян приходилось порядка 251 автотранспортного средства [2].

Особое место в системе электрооборудования занимает аккумуляторная батарея (АБ), так как от

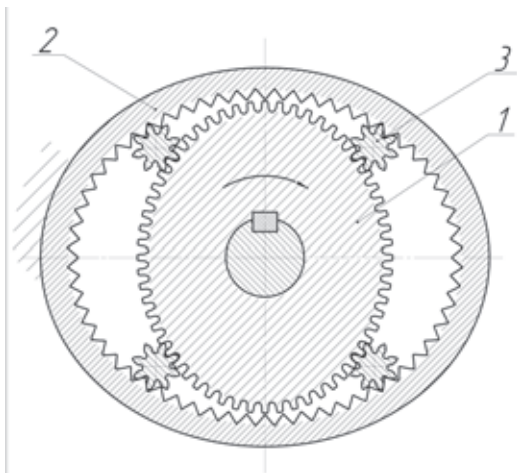


Рис. 4. Роторная планетарная гидромашина с некруглыми зубчатыми звеньями (RU 2014113740 [4]):
1, 2 – центральные зубчатые колеса; 3 – сателлиты



Рис. 5. Роторная гидромашина (RU 2014113740 [4]), изготовленная с применением лазерной резки

Список литературы

1. Пат. 0144009 WO, МПК F 16 H 1/46. ADJUSTABLE MECHANISM / LORTZ WOLFGANG (Нидерланды). – № 19991213; заявл. 13.12.1999; опубл. 21.06.2001; – 25 с. : ил.
2. Пат. 2423634 РФ, МПК F 16 H 1/36. Безводильная планетарная передача / Волков Г.Ю.; заявитель и патентообладатель Волков Г.Ю. – № 2010116770/11; заявл. 27.04.2010; опубл. 10.07.2011, Бюл. № 19. – 18 с. : ил.
3. Пат. 2513057 РФ, F04C2/08, F04C2/14. Роторная гидромашина / Волков Г.Ю.; заявитель и патентообладатель Волков Г.Ю. – № 2011137057/11; заявл. 11.07.2012; опубл. 20.04.2014, Бюл. № 11. – 14 с. : ил.
4. Заявка на полезную модель 2014113740 РФ, F04C2/08, F04C2/14. Роторная гидромашина / Волков Г.Ю., Курасов Д.А.; заявл. 08.04.13.

ее работоспособности в значительной степени зависит надежность функционирования всей системы.

Эксплуатация автомобиля в городе накладывает на АБ определенные условия эксплуатации. С учетом специфики использования автомобиля личного пользования продолжительность одной поездки не велика, что приводит к коротким по времени периодам зарядки АБ. Частые запуски и остановки между поездками, низкая интенсивность движения, при которой большую часть времени двигатель автомобиля работает на холостом ходу, являются причиной систематических недозарядов аккумуляторной батареи.

Систематические разряды создают возможный недостаток возврата энергии заряда от генератора в батарею, что впоследствии может привести к отказу АБ. Значительные коррективы в процесс зарядки АБ вносят климатические условия, место установки батареи на автомобиле, время года, технические показатели компонентов электрооборудования автомобиля. От итогового баланса энергии аккумулятора (отданной при разрядах и полученной при заряде от генератора) зависит его степень заряженности [1].

Холодный запуск зимой, редкие непродолжительные поездки на протяжении дня не позволяют прогреться электролиту и обеспечить необходимый заряд аккумуляторных батареи (АБ). На территории Пермского края средняя температура зимнего сезона находится в пределах $-11,5...-14^{\circ}$, с кратковременным понижением до $-20...-24^{\circ}$ и наступлением сильных морозов, в местах до $-30...-33^{\circ}$ [3].

При низких температурах резко ухудшаются условия заряда АБ. Так как условия восстановления емкости батареи при низкой температуре ухудшаются из-за снижения зарядного тока при возрастании внутреннего сопротивления батареи. Кроме того, зимой запуск двигателя требует увеличенного разрядного тока от аккумулятора на питание стартера и увеличения числа попыток пуска [1].

Также использование значительного количества дополнительных потребителей энергии повышает вероятность систематического разряда АБ. Это может быть подогрев кресел, массажные накидки, холодильник, предпусковые подогреватели, системы сигнализации и акустические системы большой мощности.

Все эти факторы снижают возможность восстановления энергии заряда аккумуляторной батареи от генератора автомобиля при работающем двигателе.

Цель работы – выявить наиболее критичные для АБ условия и режимы эксплуатации автомобиля.

Для этого предлагается установить систему для сбора данных о параметрах энергоснабжения автомобиля, условиях окружающей среды (скорость движения автомобиля, маршрут движе-

ния, напряжение бортовой сети, температура электролита, температура воздуха, сила тока заряда, сила стартерного тока) и выявить зависимости показателей заряда АБ от условий эксплуатации.

Основные компоненты системы сбора данных энергетического баланса представлены на рис. 1.



Рис. 1. Компоненты системы сбора данных

Предложенная система сбора данных реализована на основе навигационного терминала FORT-300 компании «Форт-телеком».

Система ГЛОНАСС/GPS мониторинга транспорта «FORT» состоит из аппаратной части – навигационных терминалов различной модификации, и программной части – ПО «Fort-Monitor». Телематическое оборудование «FORT» может использоваться как в составе комплексной системы мониторинга транспорта совместно с программным обеспечением «FortMonitor», производимого компанией, так и отдельно, с программным обеспечением сторонних производителей.

В состав системы сбора данных входит терминал сбора данных, датчик температуры электролита АБ, датчики температуры окружающей среды, датчики тока, GPS/ГЛОНАСС модуль и GSM передатчик [4].

Сбор информации производится с датчиков, подключенных к входным контактам разъема терминала сбора данных. Терминал получает значения температуры окружающей среды, температуры электролита АБ, значения силы стартерного тока при запуске двигателя, значения силы зарядного тока АБ, напряжения бортовой сети, скорость и маршрут движения автомобиля. Вся полученная информация отправляется терминалом по каналу GSM связи на сервер оператора «Форт-телеком». Данные, пришедшие от терминала на сервер, обрабатываются и сохраняются в базе данных. Схема взаимодействия элементов системы показана на рис. 2.

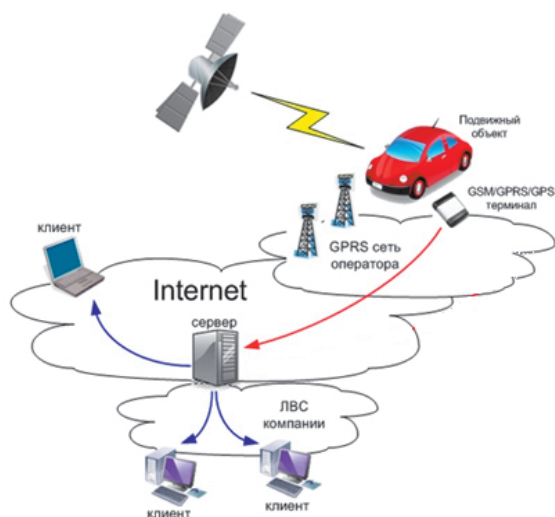


Рис. 2. Схема работы системы сбора данных

С информацией, сохраненной на сервере оператора, можно работать через сеть Интернет с удаленного рабочего места клиента. Накопленная в базе данных информация о движении транспортных средств и изменении показаний датчиков может быть представлена пользователям в виде отчетов [4].

Использование предложенной системы сбора данных дает возможность получить значения указанных выше параметров автомобиля, находящегося в эксплуатации, произвести их анализ и выявить наиболее критичные для АБ условия и режимы эксплуатации автомобиля, а также оценить влияние данных условий с точки зрения надежности работы аккумуляторной батареи.

Список литературы

1. Акимов С.В., Чижов Ю.П. Электрооборудование автомобилей: Учебник для вузов. – М.: ЗАО «КЖИ "За рулем"», 2004. – 384 с.
2. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/scripts/db_inet/dbinet.cgi (дата обращения: 10.02.2014)
3. Климатические особенности 2013 года в Пермском крае. URL: <http://accident.perm.ru/index.php/spravochnyj-razdel/klimat/447-klimaticheskie-osobennosti-2013-goda-v-permskom-krae> (дата обращения: 10.02.2014)
4. Спутниковый мониторинг транспорта FORT. URL: http://fort-monitor.ru/monitoring_transporta/ (дата обращения: 10.02.2014).

УДК 621.332.(076.5)

ИСПЫТАНИЕ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ TEST DEVICE POWER SYSTEMS

Ключевые слова: линии электропередачи, прочность, разрушение, моделирование, опора линии электропередачи, зажим провода, SolidWorks.

Keywords: power lines, strength, destruction, modeling, support power lines, wire clamp, SolidWorks.

Аннотация

Предложен метод испытания прочностных характеристик опоры ЛЭП и зажима провода, основанный на моделировании элементов в программном продукте SolidWorks, проанализированы изменения этих параметров. Использование моделирования позволило прогнозировать динамику изменения нагрузок под действием внешней среды.

Annotation

Proposed a method of testing the strength characteristics of an electricity pylon and wire clamp, based on the simulation software product elements in SolidWorks, analyzed changes in these parameters. Using simulation to predict the dynamics of change allowed under the load of the external environment.

Куликова Елена Александровна

Уральский государственный университет путей сообщения, доцент, канд. пед. наук,
тел. (343) 221-25-27; Kulikova.elena@mail.ru

Головин Александр Александрович

Уральский государственный университет путей сообщения, студент гр. ЭЭ-410,
инженер НИЛ «САПР КС»,
тел. 8-950-54-76-466; Algolovin1993@mail.ru

Развитие электрических сетей и электрифицированных железных дорог является одним из важнейших показателей уровня электроэнергетики страны. На сегодняшний день в России более 50% оборудования электрических сетей выработало свой расчетный ресурс, хотя еще сохраняет достаточную работоспособность. Ухудшение технического состояния системы электроснабжения — одна из основных причин роста повреждений линий электропередачи (ЛЭП) и силового оборудования подстанций. Реконструкция и модернизация элементов электроснабжения требует огромных капитальных вложений, поэтому актуальной задачей остается выбор оптимального варианта проектирования с заданной степенью надежности.

Надежность работы систем электроснабжения зависит от многих факторов: качества проектирования и выполнения строительно-монтажных операций, ввода в действие и грамотной эксплуатации в различных режимах и атмосферно-климатических условиях [1].

Основные метеорологические факторы, влияющие на безаварийность работы как контактной сети, так и ЛЭП: гололедообразование, ветер и температура воздуха, гололедно-ветровые аварии сопровождаются многочисленными обрывами проводов и тросов, поломкой опор, массовыми отключениями воздушных линий всех классов напряжения и нарушением электроснабжения, потребителей с соответствующим ущербом.

Подземные и надземные повреждения опор ЛЭП имеют разные причины.

Четыре основные группы повреждений металлических конструкций:

- разрывы из-за механических перегрузок, вызванных ошибками проектирования и монтажа;
- деформации от наездов, ударов посторонними предметами;
- хрупкие разрушения при низких температурах, коробление и потеря несущей способности при повышенной температуре;
- разрушения из-за коррозии.

Процессы изменения прочности объясняют с помощью зонной теории, составляющей раздел квантовой механики твердых тел. Процесс разрушения начинается благодаря наличию дефектов кристаллической решетки. Среди них различают:

- точечные вакансии, которые непрерывно образуются и исчезают в кристаллах под действием тепловых флуктуаций;
- однородные дислокации, появляющиеся при нарушении чередования атомных плоскостей;
- поверхностные дефекты;
- пустоты, включения.

Усталость материала приводит к структурным изменениям, возникают скопления дислокаций, что способствует возникновению микротрещин. Вокруг дислокаций создается поле с потенциальной энергией. При тепловом движении процесс диффузии выравнивает концентрацию вещества. Установлено, что при напряжениях меньше пределов упругости происходит пластическая деформация. При деформации механическая энергия переходит в теплоту в процессе внутреннего трения, что сопровождается необратимым возникновением дефектов. При старении материала также изменяется его кристаллическая структура.

Материал может находиться в вязком или хрупком состоянии. В вязком состоянии разрушению предшествует пластическая деформация. В хрупком состоянии пластическая деформация отсутствует. Вероятность хрупкого разрушения возрастает:

- при понижении температуры;
- при увеличении габаритных размеров конструкции, так как при этом возрастает структурная неоднородность материала;
- при увеличении скорости деформирования;
- при наличии сварных швов [2].

Усталостное разрушение наступает, если необратимо рассеянная энергия равняется предельной работе деформации при статическом нагружении. Различают несколько этапов накопления повреждений. В начальной стадии происходят пластические деформации кристаллов, затем образуются микротрещины, которые, развиваясь, переходят в макротрещины. Распространение макротрещин подразделяют на три этапа:

- 1) малая скорость;
- 2) постоянная скорость;
- 3) мгновенное хрупкое разрушение.

Наработка между моментом возникновения видимой трещины и моментом разрушения составляет до 90% от наработки до отказа.

Металлические опоры корродируют чаще на

уровне заделки их в фундамент, равномерная коррозия происходит только в местах с агрессивными внешними воздействиями. Ригели, наоборот, чаще подвержены общей коррозии, наибольшее уменьшение сечений наблюдается у раскосов и связей. Ригели реже окрашиваются и поэтому сильнее корродируют. Возможна также щелевая коррозия в соединительных элементах – болтах, заклепках и т.д.

Моделирование – это работа по прогнозированию характеристик жизненного цикла продукта до его производства. С его помощью на стадиях проектирования можно прогнозировать большинство ситуаций жизненного цикла элемента системы.

Жизненный цикл технического объекта включает в себя научные исследования, проектирование, изготовление, эксплуатацию, демонтаж, утилизацию.

Характеристики продукта – это затраты на его разработку, эксплуатацию, расходные материалы (топливо), продолжительность жизни продукта, ударопрочность, прочность, безопасность, шум, надежность, комфортность, простота изготовления и обслуживания, затраты на гарантийный ремонт, время вывода на рынок, прибыльность и многое другое.

Моделирование выполняется при помощи программного обеспечения, способного прогнозировать все эти характеристики жизненного цикла продукта. Оно используется для прогнозирования будущего, а особенности продукта систематически варьируются с целью улучшения характеристик продукта на раннем этапе разработки. При этом решения о технологическом и материальном оснащении принимаются заранее.

Моделирование помогает проектировщикам понять, какие решения в области проекта они должны принять для оптимизации своей продукции. Оно сокращает и заменяет дорогостоящий длительный процесс создания физических моделей и их тестирования. Моделирование значительно сокращает затраты на разработку продукта.

CAD система – это автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

Этап конструирования (CAD, CAE) предполагает объемное и плоское геометрическое моделирование, инженерный анализ на расчетных моделях высокого уровня, оценку проектных решений, получение чертежей.

Системы, используемые для анализа и оценки функциональных свойств проектируемых объектов, их систем, узлов и деталей, охватывают широкий круг задач моделирования упруго-напряженного, деформированного, теплового состо-

яния, колебаний конструкции, стационарного и нестационарного газодинамического и теплового моделирования с учетом вязкости, аэродинамики, пограничного слоя и т. п. Наиболее распространены CAE системы, использующие решение систем дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов (МКЭ). Они делятся на универсальные системы анализа с использованием МКЭ и специализированные. Наиболее известны такие универсальные системы, как *Nastran*, *Ansys*, отечественные ИСПА, КОСМОС и другие, позволяющие выполнять различные виды анализа на распределенном уровне. Специализированные системы МКЭ ориентированы на конкретные виды анализа. Примерами таких систем могут служить пакеты *Flotran*, *Fluid*, предназначенные для моделирования гидрогазодинамических процессов, *OPTRIS* – для моделирования деформаций и др.

В зависимости от функциональных возможностей, набора модулей и структурной организации CAD/CAE/CAM системы можно условно разделить на три группы: легкие, средние и тяжелые системы.

Легкие системы. Это первый в сложившемся историческом развитии класс систем. К данной категории можно отнести такие системы, как *AutoCAD*, *CAD-KEY*, *Personal Designer*, *ADEM*, *КОМПАС*. Они, как правило, используются на персональных компьютерах отдельными пользователями. Такие системы предназначены в основном для качественного выполнения чертежей. Данные системы достигли высокого уровня совершенства, просты в использовании, содержат множество библиотек стандартных элементов, поддерживают различные стандарты оформления графической документации.

Системы среднего класса. Сравнительно недавно появившийся класс относительно недорогих трехмерных CAD систем, к которому относятся системы *AMD*, *SolidEdge*, *SolidWorks* и др. Их появление связано с увеличением мощности персональных компьютеров и развитием операционной системы. С их помощью можно решать до 80% типичных машиностроительных задач, не привлекая мощные и дорогие CAD/CAM системы тяжелого класса.

Системы тяжелого класса. Такие системы предоставляют полный набор интегрированных средств проектирования, производства, анализа изделий. В эту категорию систем попадают *CATIA*, *Unigraphics*, *Prol/ENGINEER*, *CADD5*, *EUCLID*, *Cimatron*. Они используют мощные аппаратные средства, как правило, рабочие станции с операционной системой *UNIX*.

Системы тяжелого класса позволяют решать широкий спектр конструкторско-технологических задач. Кроме функций, доступных системам среднего класса, тяжелым CAD/CAM системам доступно:

- проектирование деталей самого сложного типа, содержащих очень сложные поверхности;
- выполнение построения поверхностей по

результатам обмера реальной детали, выполнения сглаживания поверхностей и сложных сопряжений;

– проектирование массивных сборок, требующих тщательной компоновки и содержащих элементы инфраструктуры (кабельные жгуты, трубопроводы);

– работа со сложными сборками в режиме вариантного анализа для быстрого просмотра и оценки качества компоновки изделия.

CAD/CAE/CAM системы и системы класса *PDM* позволяют организовать параллельное проектирование – коллективный режим работы над проектом, когда одновременно большое количество специалистов работает над различными частями и стадиями проекта изделия. Все это дает новое качество – проектирование и изготовление превращается в виртуальную технологию изготовления компьютерного макета изделия [3].

Для решения поставленных задач смоделируем работу промежуточной опоры ЛЭП 500 кВ типа Р1 (рис. 1), а также зажима провода КС-048 (рис. 2) с помощью CAD системы среднего класса – программного продукта *SolidWorks* 2013 *Premium* [4].

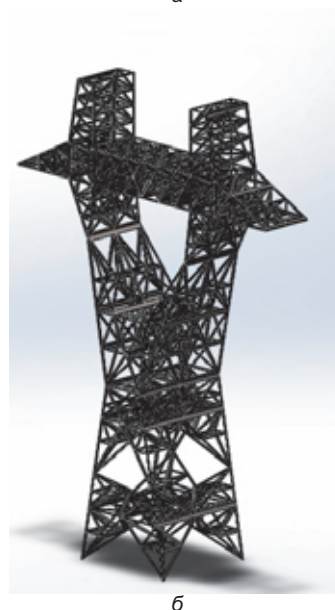
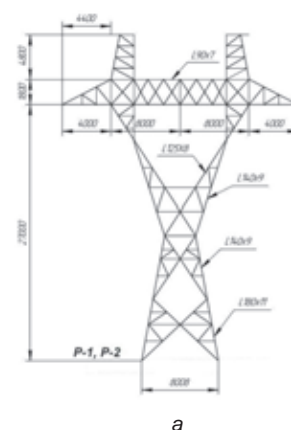


Рис. 1. Опора ЛЭП 500 кВ типа Р1:
а – типовые размеры, б – модель в *Solid Works*



а



б

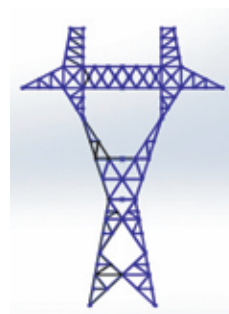
Рис. 2. Вид зажима KC-048:
а – с разнесенными деталями
б – составленными деталями

Процесс моделирования покажем на примере создания опоры ЛЭП 500 кВ типа Р1, создание зажима KC-048 аналогично.

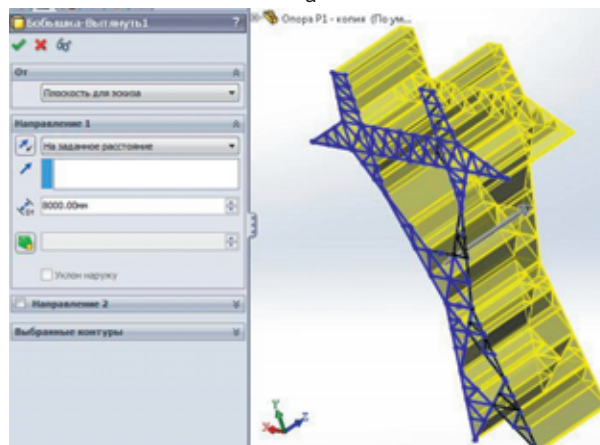
На первом этапе создания модели выполняется эскиз детали на плоскости. Далее при помощи элементов «Вытянутая бобышка» и «Вытянутый вырез» модели придается объем (рис. 3).

Металлические распорки создаются аналогичным образом при помощи инструмента «Вытянутый вырез» (рис. 4).

После создания опоры Р1 и зажима KC-048 можно переходить непосредственно к механическим испытаниям. Для этого в дополнительном модуле инженерного анализа *Simulation* нагружаем опору в точках крепления подвесных изоляторов силами равными по значению весу проводов расщепленной фазы (рис. 5). Силы на зажим прикладываем соосно тросам, закрепленным в него. Необходимо также учесть, что при протекании тока по системе токосъема имеет место закон Джоуля–Ленца, то есть проводящие элементы нагреваются. При нагреве все материалы значительно меняют свои свойства. Это можно учесть при проведении виртуальных испытаний.



а



б

Рис. 3. Этапы создания модели:
а – эскиз модели, б – придание объема фигуре

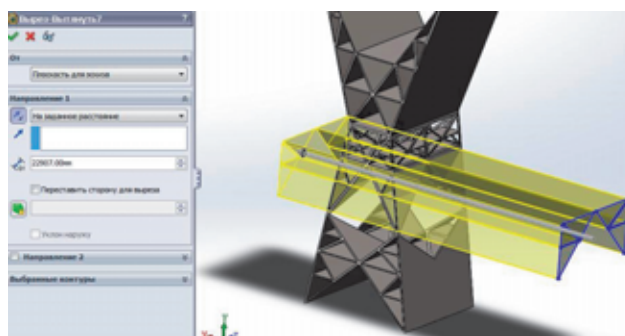


Рис. 4. Создание металлических распорок

Для примера выставим при испытаниях в *SolidWorks* температуру допустимого перегрева для класса А (105 °С).

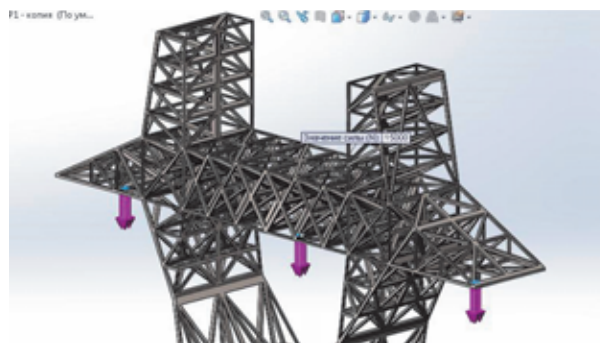


Рис. 5. Моделирование воздействующих сил

По итогам испытаний получаем эпюру напряжений со шкалой распределения нагрузок для опоры (рис. 6) и для зажима (рис. 7).

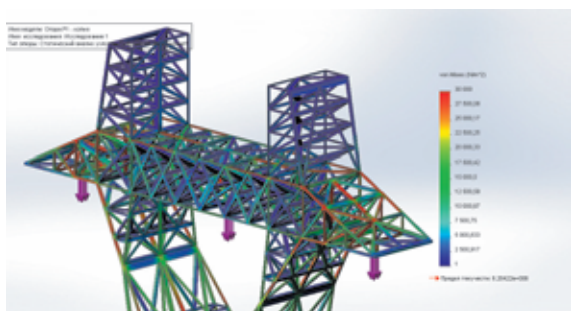


Рис. 6. Результаты механических нагрузок и шкала распределения нагрузок

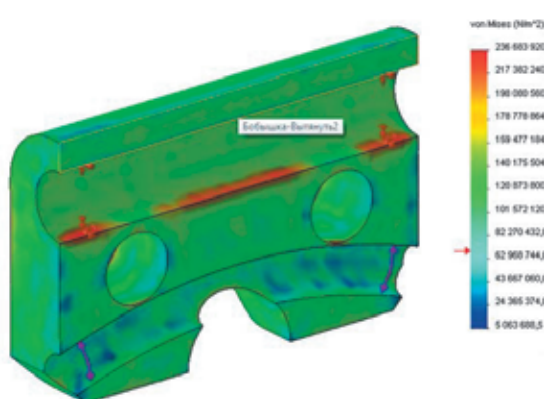


Рис. 7. Результаты испытаний в SolidWorks при заданной температуре

Испытания проводились на базе научно-исследовательской лаборатории «Системы автоматизированного проектирования контактной сети» Уральского государственного университета путей сообщения (НИЛ САПР КС) [5]. По итогам испытаний сделан вывод о том, что нагрузки не превышают предел текучести материала. Следовательно, промежуточные свободстоящие опоры Р1 вполне справляются со своими функциями подерживающей конструкции.

Для зажима КС-048 нагрузки превышают предел текучести материала, а деформации не обратимы, особенно при температурах. Следовательно, зажим КС-048 нельзя использовать в узлах подвески для высокоскоростного движения.

Применение CAD/CAE/CAM систем при испытании устройств систем электроснабжения – это осмысленный шаг для выбора оптимального варианта линии с заданной степенью надежности на ранних этапах проектирования.

Таким образом, с помощью CAD/CAE/CAM систем можно проводить анализ различных материалов и прогнозировать их поведение под теми или иными нагрузками при воздействии внешних факторов, что помогает опробовать новые конструктивные решения и провести простейшие ис-

пытания без создания опытного образца и использования дорогостоящих испытательных лабораторий, а программный продукт SolidWorks содержит все необходимые инструменты для моделирования и проведения термических и механических испытаний элементов ЛЭП.

Список литературы

1. Электронный ресурс. Высшая математика, физика, теория электрических цепей, механизмов и машин. URL: <http://fizes.ru> (дата обращения 15.03.2014).
2. Ефимов А.В., Галкин А.Г. Надежность и диагностика систем электроснабжения железных дорог. – Екатеринбург: УрГУПС, 1998. – 495 с.
3. Галкин А.Г., Ковалев А.А. Системы автоматизированного проектирования: курс лекций для студентов специальностей 100101 «Сервис на транспорте» и 190401 – «Электроснабжение железных дорог». – Екатеринбург: УрГУПС, 2009. – 92 с.
4. Официальный русскоязычный сайт программных продуктов SolidWorks. URL: <http://www.solidworks.ru> (дата обращения: 10.03.2014).
5. Сайт лаборатории САПР КС. URL: <http://www.sapr-ks.usurt.ru> (дата обращения: 10.02.2014).

УДК: 621.43.044.7:629.3

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЗАРЯДНОГО БАЛАНСА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

THE ENSURING ACCURACY OF MEASUREMENTS THE CHARGER BALANCE OF THE VEHICLE BATTERY

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, ГЛОНАСС/GPS терминал, термисторы, ток заряда, ток разряда.

Keywords: lead-acid battery GLONASS/GPS terminal, thermistor, charge current, discharge current

Аннотация

В статье описана измерительная система контроля зарядного баланса аккумуляторной батареи транспортного средства. Дано описание измерительного оборудования, используемого в ходе исследования, приведены результаты расчета измерительных цепей, входящих в систему.

Annotation

The article describes the measuring system controls the charger balance of the vehicle battery. The description of the measuring equipment used during the research, the results of calculation of measuring circuits included in the system.

Головин Данила Вячеславович

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет (ПНИПУ), студент
третьего курса, кафедра «Автомобили и
технологические машины» автомобильного
факультета, danilagolovin@gmail.com

Косолапов Артём Игоревич

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет (ПНИПУ), студент
третьего курса, кафедра «Автомобили и
технологические машины» автомобильного
факультета, temkakos@yandex.ru

Горбунов Алексей Анатольевич

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет (ПНИПУ),
старший преподаватель кафедры «Автомобили и
технологические машины» автомобильного
факультета, autodiplom@mail.ru

Дмитренко Владимир Михайлович

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет (ПНИПУ),
доцент кафедры «Автомобили и технологические
машины» автомобильного факультета,
dmitrenko_perm@mail.ru

Для исследования работы автомобильных аккумуляторных батарей при отрицательных температурах возникла потребность в измерительной системе, устанавливаемой на борту автомобиля, которая позволит в автоматическом режиме фиксировать электрические и неэлектрические величины и сохранять их в удобной для обработки форме.

В процессе исследования необходимо измерить значение определенных параметров, а именно: температуру окружающей среды, температуру электролита аккумулятора, силу пускового тока, силу тока зарядки, напряжение на полюсах аккумуляторной батареи. Таким образом, в состав измерительной системы будет входить такое оборудование, как термисторы, стационарные измерительные шунты, усилители сигнала измерительных шунтов, ГЛОНАСС/GPS терминал. Данное оборудование в совокупности образует несколько измерительных цепей, которые обладают определенной погрешностью измерений. Обеспечение точности выходных параметров зависит от правильности подбора средств измерений согласно документации завода изготовителя и желания получить наименьшую погрешность измерений, используя более высокоточные средства измерений с наивысшим классом точности.

Также компоненты измерительной системы должны удовлетворять ряду требований, а именно:

- доступность, широкое распространение на рынке выбранных компонентов, возможность установки аналогов;
- стоимость, безусловно, данный фактор превалирует в списке, так как нужно стремиться снизить итоговые затраты на всю систему в целом;
- универсальность – также немаловажный аспект, он учитывается установкой ГЛОНАСС/GPS терминала, отвечающего за многоканальный прием и отправку данных; таким образом, при прове-

дении исследования, в случае чего, будет возможность расширить измерительную систему и производить параллельно наблюдения за многими другими интересующими параметрами;

- легкость монтажа – возможность установки оборудования в короткие сроки без применения узкоспециализированного инструмента и оснастки;
- компактность – отвечает за минимальные массово-габаритные характеристики измерительной системы.

Для начала стоит ознакомиться с основными понятиями, а именно:

- класс точности средств измерений – обобщенная характеристика данного типа средств измерений, как правило, отражающая уровень их точности, выражаемая пределами допускаемых основной и дополнительных погрешностей, а также другими характеристиками, влияющими на точность. [2];
- абсолютная погрешность средства измерений – погрешность средства измерений, выраженная в единицах измеряемой физической величины [2];
- приведенная погрешность средства измерений – относительная погрешность, выраженная отношением абсолютной погрешности средства измерений к условно принятому значению величины, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона. Условно принятое значение величины называют нормирующим значением. Часто за нормирующее значение принимают верхний предел измерений [2].

Для определения абсолютных и приведенных погрешностей средств измерений будем использовать техническую документацию, которая идет вместе с оборудованием, и производить вычисления согласно формуле

$$\delta = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100,$$

где Δx – абсолютная погрешность измерений;
 x – нормирующее значение, за которое принимаем верхний предел измерений. Справедливо будет и обратное выражение для нахождения абсолютной погрешности.

Описание оборудования

Термисторы NTC (Negative Temperature Coefficient - уменьшают свое сопротивление с увеличением температуры) фирмы EPCOS с сопротивлением 10 кОм при 25°C обладают приведенной погрешностью $\pm 1\%$ (абсолютная погрешность $\pm 0,2^\circ\text{C}$). Термисторы используются для измерения температуры окружающей среды и температуры электролита в аккумуляторной батарее. Диапазон измерений от -55°C до 155°C [3].

GPS/ГЛОНАСС терминал Форт-300/300GL используется для определения скорости и местоположения транспортного средства, а также отвечает за прием, обработку и отправку на сервер из-

меряемых параметров. На используемых для измерений аналоговых входах имеет предел измерений от 0 до 15 В с абсолютной погрешностью $\pm 0,05$ В. Таким образом, приведенная погрешность имеет значение 0,33%. Терминал Форт-300/300GL предназначен для работы при температурах окружающего воздуха от -30°C до 50°C [4].

Магазины сопротивлений для тарировки термисторов с терминалом. Класс точности 0,05 (относительная погрешность 0,05%).

Шунты измерительные стационарные 75ШИП, предназначенные для измерения определения величины протекающей силы тока в цепи. Класс точности 0,5, падение напряжения на потенциальных зажимах для всех шунтов при номинальной силе тока составляет 75мВ, таким образом, приведенная погрешность составляет 0,5%, а абсолютная $\pm 0,375$ мВ. Шунты предназначены для работы при температуре окружающего воздуха от -40°C до 50°C . Для измерения тока заряда будет использоваться шунт 75ШИП - 10 А, для пускового тока шунт 75ШИП - 200А.

Так как терминал ФОРТ 300-GL имеет предел измерений на аналоговом входе от 0 до 15 В с абсолютной погрешностью $\pm 0,05$ В, возникает потребность в усилителе напряжения, снимаемого с потенциальных зажимов шунта. В ходе исследования используются усилители для измерения двунаправленного тока через токовый шунт с коэффициентом усиления 50 и классом точности 0,5, т.е. приведенной погрешностью 0,5%, абсолютной погрешностью $\pm 0,0625$ В.

На рис. 1 представлена комбинированная схема измерительной системы.

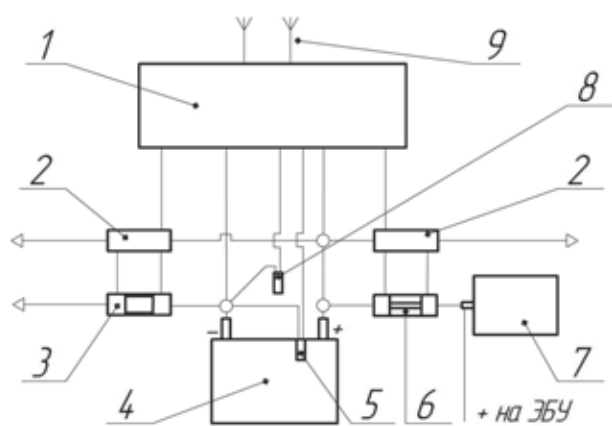


Рис. 1. Комбинированная схема измерительной системы:
1 – Терминал Fort 300-GL; 2 – Усилитель; 3 – Шунт 75ШИП-200А; 4 – Аккумуляторная батарея; 5 – Датчик температуры электролита; 6 – Шунт 75ШИП-10А; 7 – Генератор; 8 – Датчик температуры окружающей среды; 9 – GSM и GPS/ГЛОНАСС антенны

Как говорилось ранее, измерительная система, смонтированная в данном случае на автомобиле, имеет несколько измерительных цепей, отвечающих за измерение температур, токов, напряжения, местоположения и скорости транспортного средства. В погрешность цепи, отвечающей за

измерение температуры электролита аккумулятора и окружающей среды, будут входить погрешности магазинов сопротивлений (за счет которых производилась тарировка датчиков), погрешность термисторов, погрешность измерения напряжения на аналоговом входе терминала. Итоговая погрешность конечных измерений будет зависеть от класса точности и погрешности оборудования, нужно учитывать тот факт, что при тарировке показаний для диапазона температур от -55°C до 24°C использовалось два магазина сопротивлений, в остальном диапазоне от 25°C до 155°C один. Итоговая погрешность измерений температуры будет составлять сумму относительных погрешностей для первого случая при температурах от -55°C до 24°C и равна 1,43%, для второго случая при температурах от 25°C до 155°C равна 1,38%.

В погрешность цепи, предназначенной для отслеживания сил токов заряда и разряда, будут входить погрешности измерительных шунтов, усилителей, погрешность измерения напряжения на аналоговом входе терминала. Таким образом, приведенная погрешность данной цепи будет составлять 1,5%.

Напряжение на клеммах аккумуляторной батареи будет сниматься непосредственно терминал, следовательно, приведенная погрешность измерения напряжения будет составлять 0,5%.

Погрешность системы мониторинга GPS/ГЛОНАСС не превышает в целом 4%.

Результаты расчетов измерительных цепей показали приемлемые для измерений значения приведенных погрешностей. Таким образом, предлагаемая измерительная система может использоваться для контроля зарядного баланса аккумуляторных батарей в процессе эксплуатации автомобиля и обеспечит необходимую точность измерений электрических и неэлектрических величин.

Список литературы

- ГОСТ 8.401-80. Государственная система обеспечения единства измерений. Классы точности средств измерений. Общие требования. - Взамен ГОСТ 13600-68; введ. 01.07.81. - М.: Государственный комитет СССР по стандартам; М.: Изд-во стандартов, 1981. - 12 с.
- РМГ 29-99. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. - Взамен ГОСТ 16263-70; введ. 01.01.01.. - Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. - 45 с.
- NTC термисторы фирмы Epsos для измерения температуры. Основные технические характеристики. URL: http://www.epcos.com/inf/50/db/ntc_13/NTC_Mini_sensors_S867.pdf (дата обращения: 10.02.2014).
- Радиостанция абонентская GSM/GPRS/GPS навигационный терминал FORT-300 ИЛПГ.305177.008 РЭ. Руководство по эксплуатации. URL: http://www.fort-monitor.ru/upload/medialibrary/0be/Fort300re_2011.pdf (дата обращения: 10.02.2014).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СМЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЧЕРЕЗ СИСТЕМУ ПЛАНОВО- ПРЕДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА

ENSURING RELIABILITY OF MIXING DEVICES VIA PLANNED PREVENTIVE REPAIR

Ключевые слова: СУ, РО, регламентные работы, надежность, удельная энергия, коррозионная стойкость.

Keywords: MD, WB, maintenance work, reliability, Specific crushing energy, corrosion resistance.

Аннотация

В представленной статье рассмотрены вопросы надежности эксплуатации смешивающих устройств – строительно-дорожных машин. Исходя из статистики эксплуатации данного вида оборудования, указаны основные виды разрушения рабочих оболочек, этих аппаратов

Показано взаимодействия между службами, ведущими их ремонт и обслуживание, построенное на основе международных стандартов ИСО 9001:2001.

Приведен перечень литературы, а также разработок, на которые автор опирался при написании данной статьи.

Затронутые вопросы имеют прикладной характер и могут быть полезны инженерно-техническим работникам.

Annotation

This paper review problems related to reliability of running mixing devices – road-construction machines. Based on operation statistics of this kind of equipment – were indicated the most common types of destruction of working body (shell) of concerned devices.

There were indicated interactions between services responsible for repair and maintenance that was based on international ISO 9001:2001 standards.

There was attached bibliography and reference materials, author of this paper referred to during article creation.

Reviewed problems are having applied nature and can be used by engineers.

Гольцов Владислав Сергеевич

Филиал Уральского государственного
университета путей сообщения в г. Тюмени,
доцент, канд. техн. наук,

(3452) 69-64-02; VSGoltcob@gmail.com

Байболов Тимур Серикбаевич

компания «Шлюмберже»

(3452) 69-64-02; VSGoltcob@gmail.com

Выпуск современных строительных материалов основан, как правило, на смешивании многокомпонентной смеси и её транспортировании. Для ведения такого вида технологического процесса требуется поддержание определенных технологических параметров (температура, давление, интенсивное перемешивание и т.д.). Эти операции выполняют смешивающие устройства (СУ), которые могут как эксплуатироваться индивидуально, так и находиться в технологическом потоке. Основа таких аппаратов – рабочая оболочка (РО). Как правило, такие аппараты, относятся к сосудам высокого давления и подлежат регистрации в государственной региональной технической инспекции (ГРТИ). Оборудование высокопроизводительное, сложное, требует повышенного внимания технического персонала, ведущего технологический процесс (ТП), и персонала, отвечающего за его техническую готовность.

В процессе выполнения планово-предупредительного ремонта необходим определенный объем регламентных работ по ремонту и наладке СУ, который учитывает специфику работы этих аппаратов.

Основными задачами при организации регламентных работ и обслуживания данного вида оборудования на предприятиях являются:

- постоянное функционирование системы регламентных работ как основного пути повышения надежности СУ через снижение простоя его в ходе ведения технологического процесса;

- определение рационального объема финансирования ППР на основе экономического анализа предыдущих затрат, по ремонтным службам;

- использование услуг ремонтных и консультационных фирм при ликвидации сбоев в работе оборудования.

Объем регламентных работ, как правило, включают в состав планово-предупредительного ремонта, сущность которого иллюстрируется рис. 1. Видно, что по мере роста затрат на их выполнение сокращаются затраты на ремонт и издержки, связанные с простоями, и наоборот. При помощи статистических данных, собранных при эксплуатации этого вида оборудования, можно с достаточной степенью точности определить такой оптимальный уровень [1]. Основным фактором при оценке экономического уровня является стоимость простоев СУ по причине технической неготовности к работе. Если потери, вызванные выходом оборудования из строя, не наблюдаются, то нецелесообразно и выделять средства (рис. 1.). Соотношение между затратами на ремонт и обслуживание и стоимостью простоев показано кривой, оптимальная точка которой О.

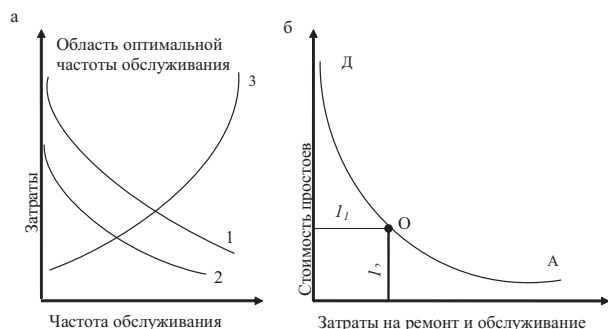


Рис. 1. а – определение области оптимальной частоты обслуживания оборудования: 1 – затраты на ремонт; 2 – затраты, связанные с простоями; 3 – затраты на обслуживание, б – точка оптимального соотношения затрат на ремонт и обслуживание и стоимости простоя (точка О, где $I_1 = I_2$)

В качестве основных показателей работоспособности СУ можно рассматривать следующие:

- надежность, запасы прочности и жесткости как самой конструкции, так и РО; удельную энергию разрушения при выполнении процесса смешивания;
- коррозию РО и подводящих трубопроводов;
- прочность и герметичность соединений элементов самой оболочки, а также трубопроводов;
- работу основного и вспомогательного электрооборудования;
- безотказность в работе систем контроля и автоматики за ведением технологических процессов и безопасности.

Остановимся подробнее на показателях, чтобы сформулировать задачи соответствующих служб, которые необходимо решать при ведении регламентных работ.

Контроль надежности. Надежность определяется как свойство изделия сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах при его применении.

Надежность состоит из сочетания свойств: безотказности, долговечности, ремонтпригодности. Как правило, контроль надежности осуществляется в рамках специальной программы обеспечения надежности изделия, которая рекомендуется заводом изготовителем с учетом особенностей технологического процесса производства продукта. Содержит разные методы испытаний и рекомендации.

Контроль запаса прочности изделий. В общем случае СУ можно рассматривать как конструкцию, состоящую из ортотропных материалов, где ортотропность характеризует их основные направления анизотропии. Предельное состояние изделия, определяющее границу сохранения его целостности, характеризуется его главными напряжениями Y_p, Y_x, Y_y , если рассматривать трехмер-

ное пространство напряженного состояния изделия.

Предельная поверхность разрушения в этом случае имеет вид

$$F(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = 0$$

и соответствует различным гипотезам условия разрушения.

Степень опасности разрушения изделий при этом оценивают с помощью запасов прочности:

$$n_1 = \frac{[\sigma_1]}{\sigma_1}, \quad n_2 = \frac{[\sigma_2]}{\sigma_2}, \quad n_3 = \frac{[\sigma_3]}{\sigma_3},$$

где Y_i – предельное (расчетное) значение действующего в материале вследствие нагрузок на изделие напряжения; $[Y_i]$ – предел прочности материала в i -м направлении. В основном данный вид контроля закладывается при разработке, а в дальнейшем его необходимо выполнять при ведении ремонтных работ на конструкциях РО.

Контроль удельной энергии разрушения. Удельная энергия разрушения является комплексным критерием работоспособности изделий, характеризующим их несущую способность. Величину удельной энергии разрушения

$$E_{уд} = \varphi \sigma \varepsilon,$$

где φ – коэффициент полноты диаграммы $\{Y - \varepsilon\}$, определяют при проведении испытаний изделий на прочность.

При этом практический интерес представляет не абсолютное значение величины $E_{уд}$, а ее относительная величина, т.е. запас несущей способности изделия, которая устанавливается заводом изготовителем и отражается в определении номинальных режимов эксплуатации СУ, фиксирующихся в техническом паспорте.

Контроль коррозионной стойкости. При ведении контроля над данным видом разрушения, необходимо брать во внимание его виды. Оно может проявляться в виде чистого механического, сочетания механического и химического воздействия, а также механохимической коррозии под напряжением. Количественными мерами данного вида разрушения являются унос массы с единицы поверхности в единицу времени ($кг/сек.$), линейное разрушение РО по высоте данного сечения поверхности.

Вероятность разрушения оболочки по высоте можно определить

$$ds = (K_a v_x + v_a) d\tau,$$

где V_a – скорость изнашивания РО по высоте,

от абразивной составляющей компонентов смеси; V_x – скорость изнашивания РО по высоте, от химического воздействия реагентов смеси; K_a – безразмерный коэффициент, связывающий V_a и V_x при механохимической коррозии.

Наиболее подробно данный вид разрушения, наиболее часто встречающийся при работе СУ, а также методы его контроля отражены в работе [2].

Контроль прочности и герметичности соединений элементов СУ. Для этих целей используются неразрушающие методы с применением оптических квантовых генераторов и голографии, магнитных и электромагнитных методов контроля, а также акустических и радиационных методов изложены в [3].

При ведении регламентных работ в основном задействованы службы предприятия, которые отвечают за их выполнение: главного механика (СГМ); главного энергетика (СГЭ); главного электрика (ЭС).

Необходима четкая координация этих служб, при которой каждый, выполняя необходимый объем регламентных работ, несет ответственность за надежность и качество работы СУ в процессе ведения технологической операции. Полное и скоординированное взаимодействие может обеспечить система организации работ, построенная на основе международных стандартов ИСО 9001:2001 [4] (рис. 2), где потребителем является персонал, ведущий технологический процесс, а производителем выступают ремонтные службы, выполняющие регламентные работы. Продуктом в данном процессе является надежность работы СУ.

Каждая служба отвечает за определенный показатель, соответствующий его профессиональности. Перечисленные виды контроля характерны как для механической, электрической и энергетической части оборудования, из которого состоит СУ.

Методики по определению основных показателей работоспособности СУ при выполнении регламентных работ у каждой службы будут свои. Они будут соответствовать профессиональному назначению и касаться определенной части оборудования.

Разграничения рассматриваются на техническом совете предприятия и закрепляются приказом по предприятию, если это требуется, то они согласуются с органами технического надзора и заводом изготовителем. Одновременно составляется график привлечения сторонних организаций, если определенная работа требует специальной оснастки и квалификации персонала, выполняющего ее, а также права ее выполнить, подтвержденные соответствующей лицензией.

Имея график планово-предупредительных работ, в который включены регламентные работы по повышению качества работы СУ, организацию процесса их выполнения по [4], можно составить матрицу ответственности их выполнения по методологии, изложенной в [5], которая позволит оптимизировать его, и как следствие, получить качественную безопасную работу смешивающего устройства.

Список литературы

1. Афанасьев Н.А., Юсипов М.А. Система технического обслуживания и ремонта оборудования энергохозяйств промышленных предприятий (система ТОР ЭО). – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528.
2. Гольцов В.С. Прогнозирование износа оболочечных конструкций смешивающих устройств строительно-дорожных машин: Дис. ...канд. техн. наук. – Тюмень. УрГУПС, 2003. – 132 с.
3. Белов Г.В., Быцкевич В.М. Технология промышленного менеджмента. – М.: Металлургия, 2000. – 288с.
4. ГОСТ Р ИСО 9001 – 2001 Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности. М.: Изд – во стандартов, 2001.
5. Якубовский Ю.Е., Лепехин Ю.Н., Метрофанов А.Н. Управление надежностью нефтегазопромыслового оборудования в рамках системы менеджмента качества // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – М. – 2005. – №3. – С. 16–21.

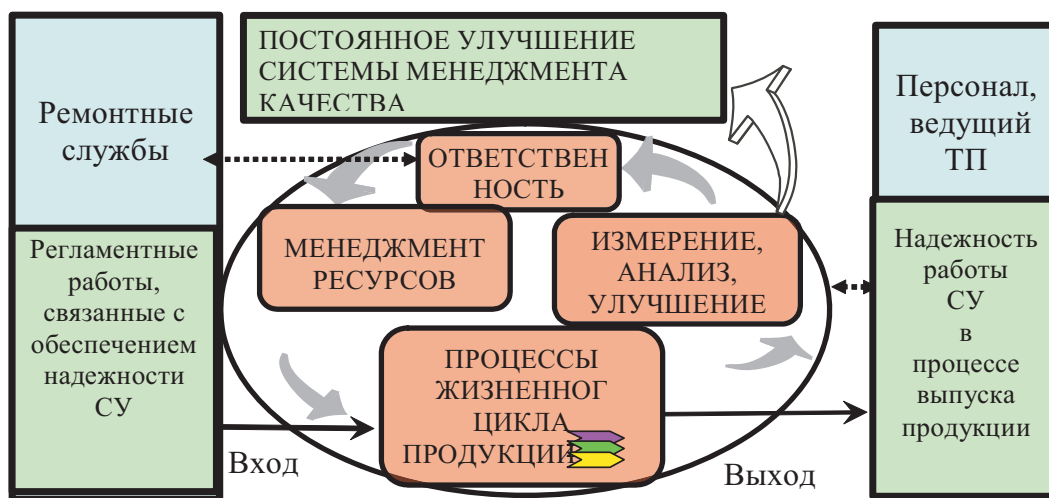


Рис. 2. Иллюстрация системы менеджмента качества выполняемых ремонтных работ, основанной на процессном подходе при выполнении ремонтных работ СУ

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА АДАПТИВНОГО АМОРТИЗАТОРА

SOME FEATURES OF WORKFLOW OF ADAPTIVE SHOCK-ABSORBER

Ключевые слова: транспортное средство; рабочая характеристика; управляемость; комфортность, амортизатор.

Keywords: vehicle; manageability, comfort, shock absorber.

Аннотация

В работе анализируются характеристики перспективного, с точки зрения использования в подвеске транспортного средства, адаптивного амортизатора с сверхшироким диапазоном регулирования рабочих характеристик.

Annotation

Analyses characteristics of adaptive system shock absorbers of vehicles with wide range regulation.

Дубровский Анатолий Федорович

Южно-Уральский государственный университет,
д-р техн. наук, профессор кафедры
«Автомобильный транспорт и сервис автомобилей»,

тел. (351) 2679823, dubrovskiaf@susu.ac.ru

Рождественский Юрий Владимирович

Южно-Уральский государственный университет,
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой
«Автомобильный транспорт и сервис автомобилей», тел. (351) 2679214;
georg.1812@yandex.ru

Дубровский Сергей Анатольевич

зам. директора ООО «Транспортные технологические системы»

Дубровская Олеся Анатольевна

Южно-Уральский государственный университет,
преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт и сервис автомобилей»

Основная рабочая характеристика амортизатора транспортного средства – зависимость усилия на рабочем органе от скорости его движения. Если речь идет о телескопических амортизаторах, то это усилие на поршне и скорость поршня. В амортизаторах лопастного типа – вращающий момент на лопастях и частота вращения лопастей. Однако в адаптивных амортизаторах вращающий момент на лопастях зависит не только от частоты вращения лопастей, но и от некоторого дополнительного – **управляющего параметра**, который в общем случае может являться векторной величиной, имеющей несколько компонент. Поэтому в конструкциях адаптивных амортизаторов разработанных нами, в отличие от известных, рабочая характери-

стика имеет следующую структуру:

$$Q = Q(\dot{q}, p), \quad p = \text{col}(q, i), \quad (1)$$

здесь: Q – усилие на ведущем звене амортизатора (усилие на поршне, вращающий момент на лопастях); $*$ $\equiv d/dt$ – оператор дифференцирования по переменной (времени) t ; $p = \text{col}(q, i)$ – «управляющая матрица» амортизатора - матрица-столбец размера 2×1 ; i – величина управляющего тока в электрогидравлическом клапане амортизатора (**первый управляющий параметр амортизатора**); q – обобщенная координата, определяющая положение ведущего звена амортизатора, в частности, положение поршня, лопастей в полости амортизатора (**второй управляющий параметр амортизатора**).

В общем случае рабочая характеристика адаптивного амортизатора имеет вид, представленный на рис.1 [1].

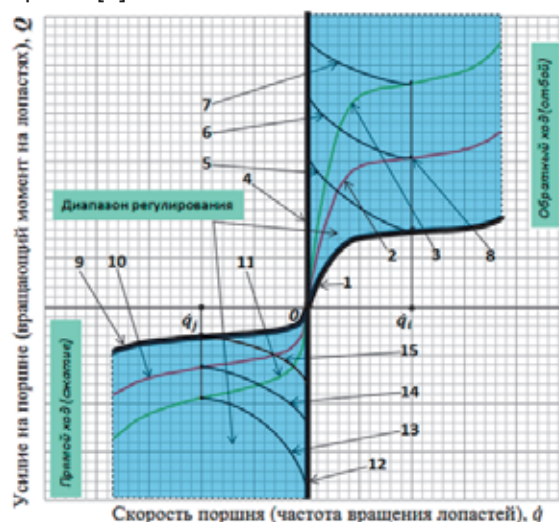


Рис. 1. Рабочая характеристика адаптивного амортизатора

Эта характеристика представляет собой бесконечно-непрерывное семейство кривых 1...3, а также отрезок 4 (рис.1), непрерывно заполняющих **весь первый квадрант** координатной плоскости $QO\dot{q}$ (фаза «отбоя») и отражает регулирование степени демпфирования амортизатора посредством изменения величины **первого управляющего параметра** амортизатора – управляющего тока i в электрогидравлическом клапане:

$$i = \text{varia}. \quad (2)$$

Как отмечено в работе [1], процесс регулирования может происходить как в режиме **ручного управления**, путем непосредственного воздействия на органы управления, так и в **автоматическом режиме**, по предварительно заданной программе.

При наименьшем значении величины управляющего тока амортизатор работает согласно кривой 1. По мере увеличения амортизатор автоматически переходит на характеристики 2, 3 и, нако-

нец, на характеристику – прямую 4, совпадающую с осью ординат. Работа амортизатора на характеристике 4 соответствует реализации так называемого «блокировочного режима», при котором амортизатор превращается в единое жесткое звено.

Необходимо иметь в виду, что в принципе «нижняя» характеристика 2, соответствующая наименьшей степени демпфирующей способности амортизатора, может быть сколь угодно приближена к оси абсцисс и, более того, практически может быть совмещена с осью абсцисс. Данный режим будет отображать «эффект полного отсутствия амортизатора». Однако практического применения этот режим не имеет. А вот приближение наружной ветви 3, соответствующей наибольшему уровню демпфирования, к оси ординат, т.е. «приближение» её к положению, соответствующему слиянию её с прямой 4, имеет принципиальное значение в плане расширения функциональных возможностей адаптивного амортизатора. Дело в том, что реализация «блокировочного режима» позволяет **гарантированно решить проблему надежной стабилизации** положения корпуса транспортного средства, в частности, при движении на поворотах, при разгоне и торможении. При этом также следует иметь в виду, что «блокировочный режим» может быть принудительно реализован в любой момент времени.

Аналогично комментируется и фаза «сжатия».

Теперь проанализируем рабочую характеристику амортизатора при регулировании степени демпфирования **посредством изменения величины второго управляющего параметра амортизатора – обобщенной координаты**. Анализ проведем на примере амортизатора лопастного типа.

Регулирование степени демпфирования посредством изменения обобщенной координаты осуществляется возможным осуществить двумя способами.

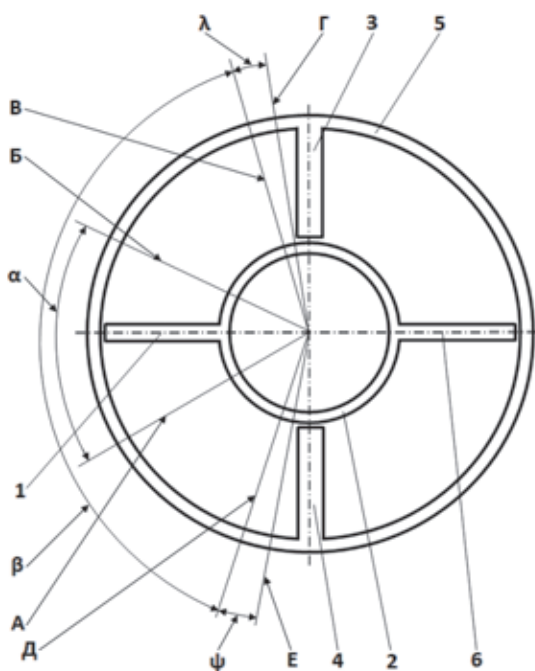


Рис. 2. Схема лопастного амортизатора

В первом случае при перемещении лопасти 1 (рис. 2), закрепленной на оси 2 в пределах угла β , ограниченного лучами Д и В, характеристика амортизатора в точности совпадает с приведенной на рис. 1. Однако при дальнейшем перемещении лопасти 1 (рис.2) в пределах угла λ от положения, ограниченного лучом В, к граничному положению, ограниченному лучом Г, даже при выполнении условия

$$\dot{i} = \text{const}, \quad (3)$$

степень демпфирования амортизатора постепенно увеличивается, принимая в положении Г наибольшее возможное значение. Другими словами, при перемещении лопасти 1 в пределах угла λ от положения, ограниченного лучом В, к положению, ограниченному лучом Г, рабочая (диссипативная) характеристика автоматически и непрерывно переходит от кривой 1 (рис. 3) к кривой 2 и далее совмещается с прямой 3, соответствующей граничному положению Г, при котором имеет место «блокировочный режим» [1].

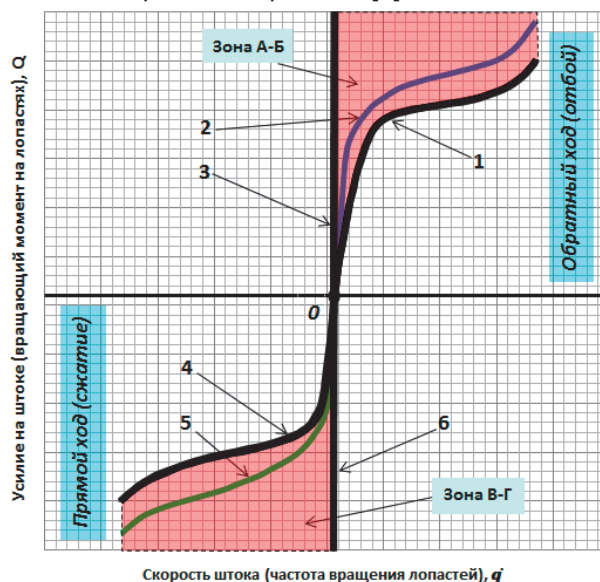


Рис.3. Регулирование рабочей характеристики амортизатора при приближении лопастей к граничным положениям и неизменном значении управляющего тока в электрогидравлическом клапане

Аналогичная ситуация имеет место при перемещении лопасти 1 в пределах угла ψ (рис. 2) к граничному положению, ограниченному лучом Е.

Второй способ регулирования позволяет в случае необходимости автоматически существенно снизить степень демпфирования амортизатора в «зоне комфорта», ограниченной углом α перемещения лопасти 1. При этом за счет конструктивных мероприятий степень демпфирования амортизатора можно уменьшать в достаточно широком диапазоне, величина которого задается предварительно и изменяется от исходной характеристики 1 к требуемой характеристике 2 (рис. 1). Предполагается, что положение лопастей в сред-

ней части «зоны комфорта» соответствует «статическому положению» подвески транспортного средства.

Практический интерес представляет то обстоятельство, что за счет конструктивных мероприятий можно регулировать как величину угла α , так и «среднее» положение лопасти 1 (рис. 2) внутри этого угла при статическом положении подвески транспортного средства.

Следует иметь в виду, что и первый, и второй способы в конструктивном плане реализуются автоматически, за счет внутреннего автоматизма, заложенного в их принципе действия и особенно в конструкциях.

Прокомментируем основные функциональные особенности предлагаемых конструкций адаптивных амортизаторов.

1. Несимметричность рабочих характеристик по отношению к прямому и обратному ходам: обе ветви характеристики могут содержать как дроссельный участок, так и дроссельно-клапанный участок, что значительно расширяет функциональные возможности амортизатора (на графиках это не прокомментировано, но предлагаемые конструкции позволяют реализовать это свойство).

2. Сверхширокий диапазон (гипердиапазон) регулирования.

3. Возможность реализации как автоматического режима, так и режима ручного управления.

4. Возможность реализации режимов высокой степени демпфирования – режимов, приближающихся по своему эффекту к «блокировочному режиму», а также непосредственно режима бесконечной большой степени демпфирования – блокировочного режима.

5. Возможность реализации режимов высокой степени демпфирования – режимов, приближающихся по своему эффекту к «блокировочному режиму» при приближении лопастей к граничным положениям, а также непосредственно режима бесконечной большой степени демпфирования – блокировочного режима. Данное свойство позволяет эффективно «гасить» широкоамплитудные колебания корпуса транспортного средства и исключить необходимость использования ограничивающих упоров, буферов.

6. Возможность реализации режимов сверхнизкой степени демпфирования при положении лопастей в «зоне комфорта».

7. Способность амортизаторов бесступенчато регулировать рабочие характеристики – бесступенчато регулировать степень демпфирования.

8. По своему принципу действия амортизаторы относятся к классу «пассивных» систем. Это означает, что для реализации их рабочих процессов не требуется дополнительного подвода энергии, дополнительного оборудования, например, масляных насосов, гидрораспределителей, гидроклапанов, ресиверов, радиаторов охлаждения и т.п. Потребление электроэнергии в режиме управ-

ления амортизатором составляет не более 10 Вт.

Перечислим основные функциональные преимущества разработанных нами конструкций амортизаторов перед известными схемами.

1. В зависимости от величины первого управляющего параметра – величины «управляющего тока» на катушке электрогидравлического клапана, они позволяют реализовать **гипердиапазон** («сверхширокий» диапазон) регулирования рабочих (диссипативных) характеристик:

1.1. от характеристик с заведомо заданным, самым низким, уровнем демпфирования;

1.2. вплоть до «нулевого уровня демпфирования», соответствующего случаю «отсутствия амортизатора»;

1.3. до характеристик с наибольшим уровнем демпфирования;

1.4. вплоть до режима «самоблокирования», когда амортизатор превращается в единое жесткое звено и, таким образом, имеет «бесконечно большой уровень демпфирования».

2. Они позволяют реализовать в любой момент времени режим «самоблокирования», когда амортизатор превращается в единое жесткое звено и, таким образом, имеет «бесконечно большой уровень демпфирования».

3. В зависимости от величины второго управляющего параметра – координаты положения лопастей, они позволяют реализовать следующие функциональные возможности:

3.1. в «средних», промежуточных положениях лопастей, за исключением крайних, граничных, они позволяют реализовать любую, предварительно задаваемую диссипативную характеристику из отмеченного гипердиапазона;

3.2. при приближении лопастей к крайним, граничным положениям, вне зависимости от величины управляющего параметра – величины «управляющего тока» на катушке электрогидравлического клапана – степень демпфирования амортизаторов автоматически прогрессивно увеличивается;

3.3. в крайних положениях лопастей они автоматически «самоблокируются» в одностороннем направлении;

3.4. в центральной зоне положения лопастей, т.е. в «зоне комфорта», которая включает положение лопастей, соответствующее статическому положению подвески транспортного средства, имеется возможность дополнительно значительно снизить степень демпфирования.

4. Они позволяют бесступенчато регулировать (изменять) диссипативную характеристику непосредственно при движении транспортного средства:

4.1. как в режиме ручного управления путем непосредственного воздействия на орган управления;

4.2. так и в режиме автоматического управления в соответствии с предварительно заданной программой управления движением транспортного средства.

5. Они относятся к классу «пассивных систем», т.е. для их работы не требуется дополнительного подвода энергии: управляющий электрогидравлический клапан потребляет в рабочем режиме **не более 10 Вт**. Не требуются также такие дополнительные «агрегаты обслуживания адаптивной системы подрессоривания», как, дополнительные масляные насосы, воздушные компрессоры, ресиверы, гидро- и пневмораспределители и т.п.

Все отмеченные особенности относятся и к схемам телескопического типа.

Дополнительно сообщаем, что:

1. Конструкция и принцип действия предлагаемых амортизаторов основаны на использовании хорошо известных особенностей широко распространенных конструкций гидравлических амортизаторов: в существующих конструкциях не используются какие-либо дополнительные пневмо- и гидроагрегаты;

2. Реализация рабочих процессов предлагаемых амортизаторов предполагает использование обычных, широко распространенных амортизаторных жидкостей;

3. Конструкции амортизаторов основываются на использовании обычных конструктивных материалов, а детали и узлы амортизаторов «не предъявляют» каких-либо повышенных требований к точности их изготовления;

4. Конструкция «собственно» амортизатора максимально использует принцип преемственности: она базируется на хорошо известных, широко распространенных конструктивных решениях известных гидравлических амортизаторов; в качестве основного узла амортизатора – «цилиндропоршневого узла» – используются конструктивные решения обычных гидравлических амортизаторов. При этом по сравнению с существующими аналогами амортизаторов конструкция «цилиндропоршневого узла» несколько упрощается; некоторое усложнение конструкции адаптивного амортизатора в целом обусловлено введением дополнительного узла – электрогидравлического клапана;

5. В общей сложности переход от обычных амортизаторов к использованию предлагаемых нами конструкций адаптивных амортизаторов не предполагает увеличения габаритов существующих конструкций штатных гасящих устройств транспортных средств и не потребует каких-либо существенных финансовых вложений; цена вопроса в основном – стоимость электрогидравлического клапана, не считая программного обеспечения.

Список литературы

1. Дубровский А.Ф., Дубровский С.А., Дубровская О.А. Адаптивный амортизатор подвески автомобилей с гипердиапазоном регулирования рабочих характеристик // 1 Международная научно-практическая конференция «Инновации и исследования в транспортном комплексе». Курган, 2013. – С. 222-224.

УДК 621.332.(076.5)

ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ ПРОВОДОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ОТ ГОЛОЛЕДА И ЕЁ РЕШЕНИЕ НА ЭТАПАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА

THE PROBLEM OF PROTECTING THE CONTACT WIRES FROM THE ICE AND SOLUTION PHASES OF OPERATION AND REPAIR

Ключевые слова: контактная сеть, гололед, профилактический подогрев, долговечность, эластичность.

Keywords: contact line, ice, beneath the heating of preventive, durability, elasticity.

Аннотация

Рассмотрена проблема гололедообразования на контактной сети железных дорог и ее негативные последствия. Проанализированы существующие методы борьбы с данным природным явлением. Проведен ряд лабораторных и натурных исследований и расчетов, на основании чего предложен новый метод защиты проводов контактной сети от гололеда с использованием долговечного покрытия.

Annotation

The problem of icing on the contact network of railways and its negative consequences. Analyzed the existing methods of dealing with this natural phenomenon. A series of laboratory and field studies and calculations, based on which we propose a new method for protecting the contact wires from the ice with a durable coating.

Кардаполов Андрей Андреевич

Уральский государственный университет путей
связи, ассистент кафедры
электрооборудования транспорта
тел. (343) 221-25-27; kardapolov.andrew@mail.ru

В транспортной системе России ведущим и организующим видом является железнодорожный транспорт. В обозримом будущем железнодорожным перевозкам не будет альтернативы по экономической эффективности и экологической безопасности при транспортировке значительных по объемам стабильных потоков массовых грузов, доставляемых на средние и дальние расстояния, а также по обеспечению пассажирских перевозок. Проводимые в настоящее время структурные преобразования железнодорожного транспорта коренным образом меняют механизмы и процессы его функционирования.

Железнодорожный транспорт представляет

собой сложную техническую систему. Его отрасли образуют подсистемы, одна из которых – электроснабжение дорог. Цели функционирования каждой подсистемы должны соответствовать назначению железнодорожного транспорта – обеспечению перевозок грузов и пассажиров.

ОАО «Российские железные дороги» находится в стадии осуществления структурной реформы, которая затрагивает все уровни управления и все сферы деятельности компании. Выделяются дочерние компании, изменяется система управления с учетом требований рынка транспортных услуг с одновременным обеспечением единства управления и безопасности функционирования ОАО «Российские железные дороги». Такие масштабные изменения ведущей и крупнейшей железнодорожной компании не имеют аналогов не только в отечественной, но и мировой практике и затрагивают всю систему базисных принципов не только железнодорожного транспорта, но и всего транспортного комплекса России, начиная с определения целей, задач и стратегии функционирования в современных условиях и завершая построением адекватной эффективной системы управления компанией. Таким образом, решается не только серьезнейшая практическая, но и уникальная научно-техническая проблема реинжиниринга и синтеза архитектуры самой компании, адекватной современным геополитическим и макроэкономическим условиям мирового рынка транспортных услуг [1].

Одним из приоритетных направлений в развитии железнодорожного транспорта является повышение надежности конструкции контактной сети, а также разработка и проведение профилактических мероприятий, предупреждающих нарушение целостности системы электроснабжения.

При понижении температуры окружающего воздуха, переходе ее через ноль градусов Цельсия и наличии осадков на конструкциях контактной сети, воздушных линиях электропередач и на элементах электроподвижного состава откладывается гололед.

Гололедные отложения на проводах подразделяются на следующие виды: гололед, зернистая и кристаллическая изморозь, замерзшие отложения мокрого снега, сложные отложения.

Основная часть контактной сети и воздушных линий внешнего электроснабжения Российской Федерации расположены на Евро-Азиатском континенте, где по климатическим условиям возможно образование гололеда.

Толщина гололеда на проводах может достигать 60-70 мм, существенно утяжеляя провода. Простые расчеты показывают, что, например, провод марки АС-185 километровой длины имеет массу 846 кг; при толщине гололеда 20 мм она увеличивается в 3,7 раза, при толщине 40 мм – в 9 раз, при толщине 60 мм – в 17 раз. При этом общая масса линии электропередачи из восьми проводов километровой длины возрастает соот-

ветственно до 25, 60 и 115 тонн, что приводит к обрыву проводов и поломке металлических опор. Кроме того, гололед на контактном проводе может создать значительные затруднения в процессе токосъема, вызывая образование электрической дуги в точке соприкосновения «ползотокосприемника – контактный провод».

Борьба с гололедом на проводах контактной сети и линий электропередач в настоящее время производится электрическими, химическими и механическими способами. Разработано довольно большое количество методов профилактики и борьбы с гололедом на проводах:

- профилактический подогрев;
- плавка гололеда;
- антигололедная смазка;
- вибропантографы;
- специальные гололедообивочные барабаны;
- ручное удаление гололеда при помощи изолированных штанг и шестов;
- импульсно-резонансный метод.

Но при этом каждый из этих методов имеет свои недостатки.

Рассмотрим к примеру, гололедоочистительное устройство типа НОГ-6 для очистки гололеда с проводов контактной сети, содержащее движущееся приспособление для механического удаления гололеда с контактного провода [2]. Недостатком устройства является низкая производительность и возможность повреждения и деформации проводов в процессе удаления гололеда. Повреждение проводов может привести к задержке поездов и большим финансовым потерям. Такие же недостатки присущи барабанам с пневмотурбинами для удаления гололеда с проводов контактной сети [3]. Применяется способ удаления гололеда с проводов контактной сети путем нанесения на них специальной смазки [4]. Процесс нанесения смазки характеризуется большой трудоемкостью, при этом приходится закрывать движение поездов. Смазку необходимо наносить заранее, до образования гололеда, она недолговечна, легко удаляется с проводов ползотокосприемников, поэтому в течение всего гололедного сезона нуждается в периодическом обновлении.

Обобщим вышесказанные факты и перечислим недостатки методов:

- опасность отжига проводов;
- высокий расход электроэнергии;
- низкая производительность;
- неполное удаление гололеда;
- опасность повреждения и деформации КП;
- нарушение графика движения поездов.

Проведя анализ отказов устройств контактной сети на Свердловской железной дороге за последние 10 лет, мы сделали вывод о том, что наиболее часто отказываемыми элементами контактной сети являются провода и тросы. Из диаграммы наглядно видно, что 7,36% всех отказов – доля отказов из-за гололеда (рис.1).

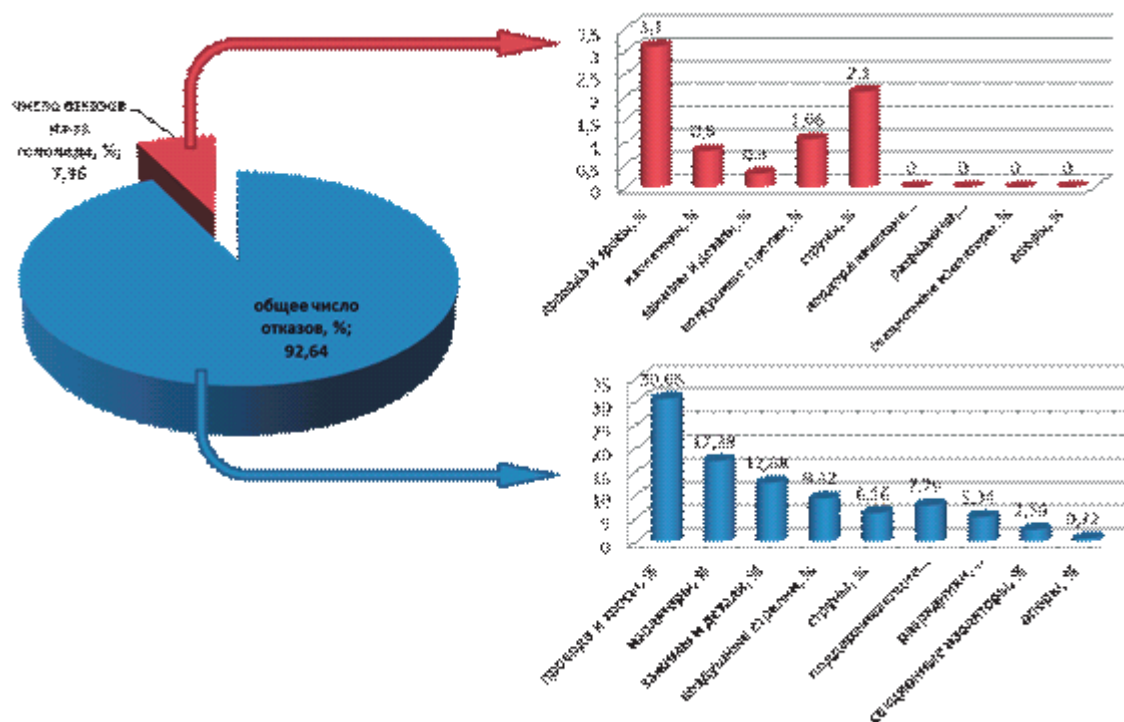


Рис.1. Диаграмма отказов устройств контактной подвески на Свердловской железной дороге (период с 2004 по 2014 гг.)

Географически Свердловская железная дорога проходит по территории таких субъектов РФ, как: Пермский край, Свердловская, Тюменская области, Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий автономные округа и Удмуртия, частично проходит по территории Омской области. Большая часть этих территорий располагается в 2-м и 3-м районах по гололеду, что обуславливает небольшое число отказов из-за гололеда.

Но при этом 42% дорог расположены в III, и 6% в IV гололедных районах. Северо-кавказская железная дорога расположена в самой критической области. Именно на этой дороге произошла крупнейшая авария – на Станции Кривенковская (рис. 2).

В Уральском государственном университете путей сообщения в научной лаборатории «Системы автоматизированного проектирования контактной сети» (НИЛ «САПР КС») на базе испытательного центра технических средств железнодорож-

ного транспорта были проведены испытания, направленные на исследование свойств специализированного долговечного покрытия, обладающего антигололедными свойствами, с целью определения возможности применения покрытия для защиты проводов контактной сети и линий электропередач. Эксперимент проводился с использованием климатической камеры типа THV710

В результате в лабораторных условиях было доказано, что покрытие:

- предотвращает образование гололеда на проводах контактной сети и ЛЭП;
- обладает высокой прочностью и легкостью;
- отлично сцепляется с металлом, из которого изготовлены образцы;
- просто в нанесении;
- является эластичным.

Получены технические характеристики испытуемого покрытия (табл. 1).

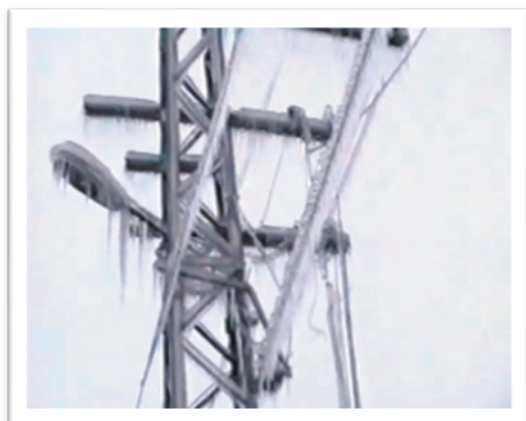


Рис.2. Последствия «гололедного дождя». Станция Кривенковская Северо-кавказская железная дорога

Таблица 1
Технические характеристики покрытия

Наименование характеристики	Единица измерения	Величина
Теплопроводность при 20 °С, не более	Вт/м °С	0,001
Плотность в сухом виде	кг/м ³	380-410
Плотность в жидком виде	кг/м ³	470-590
Коэффициент паропроницаемости	мг/м ч Па	0,0014
Удельная теплоемкость	кДж/кг °С	1,08
Термостойкость при температуре 260 °С	Отсутствие трещин, вздутий и расслоений	
Водопоглощение	г/см ³	0,03
Относительное удлинение при разрыве, не менее	%	8,0
Относительное удлинение при разрыв после ускоренного старения (10) лет, не менее	%	8,0
Линейное удлинение	%	65
Прочность сцепления при отрыве, не менее: - с металлом - с бетоном - с деревом	Мпа	1,53 1,84 1,84
Прочность при растяжении, не менее - после нанесения - после ускоренного старения (10) лет	Мпа	2,0 3,0
Прочность при ударе	Кг*см	50
Белизна % диффузного отражения - после нанесения - через 10 лет	%	93,0 90,0
Температура транспортировки и хранения	°С	≥ +1
Температура поверхности при нанесении материала	°С	от +1 до +150
Температура эксплуатации	°С	- 47 до +260

Далее исследуемый материал был применен на станции «Осенцы» Кунгурской дистанции электроснабжения. Длина участка, на который наносился испытуемый материал – 2200 метров (пути №6, №7 парка приема). Температура окружающей среды: днем: +6 °С...+8 °С, ночью: -3 °С...-5 °С.

Выбор станции связан с тем, что на протяжении предшествующих 5 лет имели место проблемы гололедообразования в зимнее время, так как на ней проводятся мероприятия по «отпарке» вагонов.

Для избегания нарушения графика движения поездов обработку контактных проводов проводили в запланированное «технологическое окно» по пути № 6, № 7 парка приема, в течение 2 часов параллельно с цеховой диагностикой контактной подвески.

Работа по нанесению предлагаемого покрытия выполнялась с автоматрисы типа АДМ, со скоростью 5 км/ч, с периодическими остановками, со снятием напряжения и заземлением.

По результатам данного эксперимента был получен акт внедрения.

Проведя расчеты по расходу предлагаемого материала, мы получили, что для покрытия поверхности контактного провода длиной 15 км, при

толщине слоя 1мм, потребуется 281 литр материала. Несмотря на большой расход материала, стоит отметить, что подобные мероприятия достаточно будет проводить 1 раз в 15 лет, т.к. одним из его свойств является долговечность.

Обобщая результаты проведенного исследования, сделаем вывод о том, что предложен абсолютно новый метод защиты проводов контактной сети от явления гололедообразования. Данный метод коренным образом меняет подход к борьбе с этим явлением, позволяет сократить затраты на борьбу с гололедом и, как следствие, снизить стоимость жизненного цикла.

Список литературы

1. Стратегия инновационного развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 года. Белая книга ОАО «РЖД».
2. Другов Н.И. Гололедоочистительное устройство типа НОГ-6 (для очистки гололеда с контактного провода) // ОИ ЦНИИТЭИ МПС. Ж.- д. трансп. Серия Электрификация и энергетическое хозяйство. – 1983. – Вып. 4. – С. 12-18.
3. Федоров В.Ф. Применение барабанов с пневмотурбинами по обивке гололеда с проводов контактной сети. ИЛ Н Э 1089-5123. – Днепропетровск: ДЦНТИ, 1982. – 2 с.
4. Марквардт К.Г. Контактная сеть. – М.: Транспорт, 1994. – 335 с.

УДК 629.113.066

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПУСКА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

ASSESS THE FEASIBILITY OF ENERGY STORAGE IN THE ELECTRICITY SYSTEM AND ELECTRIC START VEHICLES

Ключевые слова: аккумуляторная батарея, пуск двигателя, молекулярный накопитель электрической энергии, транспортное средство.

Keywords: storage battery, engine start, molecular energy storage, vehicle.

Аннотация

Проведена оценка возможности применения накопителей энергии в системах электроснабжения и электрического пуска транспортных средств. По результатам сопоставительного анализа выбрана наиболее предпочтительная схема включения источников электрической энергии при пуске (прокрутке) двигателя транспортного средства.

Annotation

Assess the possibilities of the use of energy storage in power supply systems and electric vehicles.

According to the results of a comparative analysis of selected circuit for the most preferred sources of electrical energy at start (scroll) of the motor vehicle.

Клепцов Евгений Игоревич

Чайковский технологический институт (филиал
ИжГТУ имени М.Т. Калашникова), магистрант;
evgeniy0611@mail.ru

Пономарев Василий Михайлович

Чайковский технологический институт (филиал
ИжГТУ имени М.Т. Калашникова),
доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой АТ;
kaf_at@chti.ru

Накопитель энергии (НЭ) – это устройство, которое накапливает энергию, хранит, а затем выделяет ее в той же форме [2].

В зависимости от вида аккумулируемой энергии НЭ подразделяются на:

- накопители механической энергии;
- накопители тепловой энергии;
- накопители электрической энергии.

Накопители энергии могут объединяться в «гибриды», которые работают более эффективно, чем каждый тип НЭ в отдельности. Такими гибридами могут быть электроаккумуляторы с маховиками, тепловой НЭ (двигатель Стирлинга) с электромашиным генератором, электрохимический генератор с аккумуляторной батареей (АКБ) и т.п. [2].

Исходя из требований к компоновке транспортных средств, целесообразно провести сопоставительный анализ различных типов НЭ и ДВС по удельной массовой энергии, удельной объемной мощности и сроку службы, значения которых представлены в табл. 1.

Таблица 1
Сравнение различных типов накопителей энергии

Накопитель энергии, двигатель внутреннего сгорания	Максимальный КПД	Удельная энергия, МДж/м ³ (Вт·ч/кг)	Удельная мощность, Вт/м ³	Срок службы, циклы (годы)
Пружины	-	0,3...0,4	-	10 ⁷
Резина	-	3,2...3,5	-	-
Молекулярные накопители	0,9	3,2...20	10 ⁶	10 ⁵
Индуктивные накопители	0,97	100	1000	-
Сжатый газ	-	28...30	-	-
Химический аккумулятор	0,75	1000	100	200
Электрохимический генератор	0,7	(300...1700)	50...200	(2)
Маховики	0,85	200...600	100	-
Газовая турбина	0,2	-	1900	(30)
Бензиновый двигатель	0,27	(300...600)	300	(5)
Дизель	0,42	-	320	(5)

Из представленных данных видно, что все НЭ существенно превосходят ДВС по КПД. Электрохимический генератор (ЭХГ) по своей удельной энергии и удельной мощности соизмерим с удельной энергией бензинового двигателя и дизеля,

поэтому можно говорить о замене ДВС ЭХГ.

Другим направлением в развитии энергетики транспортных средств является применение гибридных энергетических установок. В состав гибридной энергетической установки входит двигатель внутреннего сгорания, электромашиный генератор и емкостной накопитель электрической энергии [4].

По результатам проведенных исследований [4] установлено, что применение гибридной энергетической установки для обеспечения подвижности позволяет существенно снизить мощность двигателя внутреннего сгорания и, следовательно, повысить топливную экономичность. Это возможно благодаря применению емкостных накопителей электрической энергии, работающих во время разгона транспортного средства и накапливающих энергию в процессе равномерного торможения.

По результатам сопоставительного анализа НЭ, приведенного выше, можно сделать вывод о целесообразности применения молекулярного накопителя энергии (МНЭ) для пуска ДВС транспортного средства. В сравнении с другими типами НЭ (индуктивные, химические и др.) МНЭ имеют наилучшие параметры по количеству энергии в единице объема и времени рабочего цикла. Этот тип накопителя может обеспечить самую большую удельную мощность – до 106 Вт/см³ (для сравнения – удельная мощность АКБ составляет 0,26...0,45 Вт/см). Однако реально необходимая энергоотдача МНЭ за время пуска двигателя транспортного средства (10...40 с) может быть обеспечена МНЭ, суммарная емкость которых в объекте составляет порядка 1000 Ф при номинальном напряжении МНЭ 24 В [1].

Таким образом, МНЭ можно использовать для решения различных задач, связанных с обеспечением электрической энергией потребителей электрической энергии (ПЭЭ), требуемого качества электрической энергии в бортовой сети ТС, бесперебойного снабжения электрической энергией ПЭЭ, обесточивание которых недопустимо.

Средняя мощность МНЭ в зависимости от длительности прокрутки коленчатого вала двигателя $P(t)$, Вт, определяется по формуле:

$$P(t_{\text{пр}}) = \frac{\eta_c C (U^2 - U_{i+1}^2)}{2 \sum_{i=1}^{i=k} t_{\text{пр}i}}, \quad (1)$$

где η_c – относительная емкость МНЭ в зависимости от температуры электролита;

C – емкость МНЭ, включенных на удвоенное напряжение, Ф;

U – значение напряжения на клеммах МНЭ в начале прокрутки коленчатого вала двигателя, В;

U_i – значение напряжения на клеммах МНЭ в конце i -й секунды прокрутки коленчатого вала двигателя, В;

$t_{\text{пр}i}$ – продолжительность i -го интервала прокрутки коленчатого вала двигателя, с;

к – число интервалов прокрутки коленчатого вала двигателя;

i – порядковый номер интервала прокрутки коленчатого вала двигателя.

В зависимости от типа МНЭ СЭП подразделяются на низковольтные и высоковольтные [3].

Преимуществом системы электрического пуска с МНЭ высокого напряжения являются, прежде всего, лучшие объемно-массовые показатели, большая удельная мощность, небольшой силы ток стартера, что позволяет экономить медь стартерного провода и снизить потери мощности в стартерной цепи, а также использовать для пуска двигателя промышленные электрические сети.

Однако внедрение таких систем связано с изменением конструкции электрооборудования машин (замена традиционного низковольтного электрического стартера на высоковольтный, создание системы преобразования низкого напряжения АКБ в высокое напряжение электрического стартера). Кроме того, возникает необходимость разработки мероприятий по обеспечению электробезопасности персонала.

Поэтому более предпочтительны системы электрического пуска (СЭП) с накопителями низкого напряжения. Их основные преимущества:

- полная электробезопасность;
- лучшее согласование с существующей СЭП транспортных средств;
- возможность внедрения не только на проектируемых машинах, но и находящихся в эксплуатации.

По уровню номинального напряжения низковольтные СЭП подразделяются на 24-вольтовые и 48-вольтовые.

В низковольтных СЭП номинальное напряжение МНЭ 24 В не отличается от номинального напряжения АКБ. Преимущество таких СЭП заключается в том, что для их внедрения не требуется практически никаких затрат: достаточно подключить МНЭ непосредственно к клеммам АКБ при помощи перемычек. Поэтому основная проблема применения МНЭ с номинальным напряжением 24 В его адаптация к конструкции транспортного средства (ТС) (прежде всего, решение задачи по его размещению в составе машины).

Таким образом, по результатам классификации СЭП с МНЭ можно сделать вывод о том, что на данный момент актуальной является задача по выбору типа МНЭ.

В зависимости от способа соединения МНЭ и АКБ при пуске двигателя различают СЭП с последовательным и с параллельным включением ИЭЭ. Серийные 48-вольтовые СЭП обеспечивают, как последовательное, так и параллельное включение источника электрической энергии (ИЭЭ), а также применение МНЭ с номинальным напряжением 24 В.

Особенность СЭП с последовательным включением ИЭЭ заключается в том, что при пуске

двигателя АКБ включаются последовательно с МНЭ, и удвоенное напряжение с МНЭ подается на электрический стартер.

Особенность СЭП с параллельным включением ИЭЭ заключается в том, что вспомогательный источник электрической энергии состоит из двух групп. Каждая группа вспомогательного ИЭЭ состоит из МНЭ и АКБ, которые постоянно соединены между собой параллельно как в исходном состоянии, так и при пуске двигателя, когда на стартер подается удвоенное напряжение.

Основные преимущества схемы СЭП с последовательным включением ИЭЭ в сравнении со схемой СЭП с параллельным включением ИЭЭ:

- меньший расход электрической энергии АКБ на пуск (прокрутку) двигателя, что обеспечивает большее число прокруток двигателя без подачи топлива (число прокруток двигателя без подачи топлива – важнейший эксплуатационный показатель);
- меньше нагрузка по току на АКБ при пусках (прокрутках) двигателя;
- выше уровень напряжения бортовой сети.

Основные недостатки схемы СЭП с последовательным включением ИЭЭ:

- меньшая частота вращения коленчатого вала двигателя при пусках (прокрутках);
- не снимается пиковая нагрузка с АКБ при пусках двигателя, при заряде МНЭ после пуска (прокрутки) двигателя АКБ работают в стартерном режиме разряда, что снижает срок службы АКБ;
- низкое качество электрической энергии в бортовой сети ТС вследствие того, что при пусках двигателей имеют место большое снижение напряжения бортовой сети, что оказывает негативное влияние на эффективность и надежность постоянно включенных ПЭЭ при пусках (прокрутках) двигателя.

Из-за наличия недостатков, которые присущи схеме СЭП с последовательным включением источников электрической энергии, данная схема на ТС не применяется.

Основные недостатки схемы СЭП с параллельным включением источников электрической энергии в сравнении со схемой СЭП с последовательным включением источников электрической энергии:

- больший расход энергии АКБ на пуск двигателя – меньшее число прокруток двигателя без подачи топлива, несколько меньшая частота вращения коленчатого вала двигателя при пусках (прокрутках) двигателя;
- низкий уровень напряжения в бортовой сети ТС при пусках (прокрутках) двигателя.

Основные преимущества схемы СЭП с параллельным включением источников электрической энергии по сравнению со схемой СЭП с последовательным включением источников электрической энергии:

- высокое качество электрической энергии в бортовой сети ТС, так как электрический стар-

тер работает в режиме сохранения электрического и механического равновесия, чем обеспечивается эффективность и надежность в эксплуатации постоянно включенных ПЭЭ;

- снимаются пиковые нагрузки с АКБ, среднее значение тока АКБ за время пуска (прокрутки) двигателя ниже номинального значения тока АКБ в стартерном режиме разряда; при заряде АКБ практически не работают в стартерном режиме разряда, в результате чего увеличивается срок службы АКБ.

Таким образом, по результатам сопоставительного анализа схема СЭП с параллельным включением источников электрической энергии при пуске (прокрутке) двигателя предпочтительнее к применению на ТС.

Практический интерес представляет пуск двигателя в объекте непосредственно от МНЭ, так как в этом случае возможно применение высоковольтных МНЭ, а также использование любого типа источника электрической энергии небольшой мощности для пуска двигателей ТС.

Список литературы

1. Анализ возможностей применения емкостных накопителей энергии для пуска двигателей внутреннего сгорания мобильных машин: отчет о НИР (промежуточ.): "Пуск"/ОБА ВС РФ; исполн. В.И. Зубенко и др. – М., 2000. – 69 с. Инв. № 634046.
2. Маховичный Н. Накопители энергии. – М.: Знание. 1980. – 178 с.
3. Хортов В.П. Высоковольтные системы ДВС // Автомобильная промышленность. – 1993. №6. – С. 20-22.
4. Хортов В. Емкостные накопители транспортных средств // Автомобильный транспорт. – 1993. №6. – С. 15-16.

УДК 621.332.(076.5)

РАСЧЕТЫ ИНФРАСТРУКТУРНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ ТОКОСЪЕМА НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

CALCULATION OF INFRASTRUCTURE COMPLEX CURRENT COLLECTION SYSTEM LIFECYCLE

Ключевые слова: математическая модель, надежность, жизненный цикл, объект, железнодорожный транспорт.

Keywords: mathematical model, reliability, life cycle, object, trains

Аннотация

При строительстве и реконструкции участков железных дорог встает вопрос о точном определении стоимости жизненного цикла техни-

ческих систем и, как следствие, появляется задача по оптимизации этой стоимости, т.е. нахождения такого варианта использования оборудования, которое дает самую низкую стоимость жизненного цикла, при условии достижения требуемого уровня надежности и безопасности.

В статье подчеркивается необходимость оценки сроков жизненного цикла объектов железнодорожного транспорта с помощью математических моделей диагностирования и метода Монте-Карла. Дополнительно показана методика оценки стоимости жизненного цикла объектов контактной сети, и возможность определения необходимости его продления.

Annotation

The construction and reconstruction of the railway question about the exact definition of the life cycle cost of technical systems and as a result generated by the task of optimization of the cost, and finding such a use of the equipment, which gives the lowest life cycle cost, subject to achieving the required level of reliability and security

The article emphasizes the need to evaluate the terms of the life cycle of rail transport with the help of mathematical models of diagnosis and of the method of Monte Carlo. Additionally, the technique estimates the life cycle cost of a contact network objects, and the ability to determine the need for an extension.

Ковалев Алексей Анатольевич

Уральский государственный университет путей сообщения, доцент, канд. техн. наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Системы автоматизированного проектирования контактной сети»,

тел. (343) 221-25-27; kovalev_alexey@mail.ru

«Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 17 июня 2008 года №877-р, предусматривает развитие в России скоростного (160-200 км/ч) и высокоскоростного (свыше 200 км/ч) движения. В числе основных задач Стратегией определена разработка и производство технических средств нового поколения для скоростных и высокоскоростных магистралей, включая инфраструктуру железнодорожного транспорта.

Система токосъема, предназначенная для передачи электрической энергии от тяговых подстанций к токоприемникам подвижного состава, относится к наиболее ответственным подсистемам инфраструктуры, т. к. конструктивно не имеет резерва. Повреждения системы токосъема снижают безопасность движения, а также вызывают значительные экономические потери, связанные с длительным простоем поездов. Безопасность и энергоэффективность железнодорожного транспорта напрямую связана с надежностью узлов и конструкций контактной сети.

Одна из проблем развития системы токосъема заключается в том, что применяющийся прин-

цип ценообразования «издержки плюс» не стимулирует производителей к повышению технического и технологического уровня выпускаемой продукции [1]. Задача минимизации суммарных затрат на осуществление жизненного цикла техники, наладки схемы ценообразования, а также повышения надежности и безопасности эксплуатируемой техники является общей для ее создателей и потребителей. Решение этой задачи должно приносить пользу и тем, и другим. Для железнодорожной промышленности минимизация таких затрат повышает конкурентоспособность продукции и, следовательно, стимулирует расширение рынка сбыта и увеличение прибыли. Для пользователя продукции при этом повышается экономическая эффективность ее эксплуатации.

Контактная сеть, предназначенная для передачи электрической энергии от тяговых подстанций к токоприемникам подвижного состава, относится к наиболее ответственным подсистемам инфраструктуры, так как конструктивно не имеет резерва. Повреждения на контактной сети снижают безопасность движения, а также вызывают значительные экономические потери, связанные с длительным простоем поездов. Безопасность и энергоэффективность железнодорожного транспорта напрямую связана с надежностью узлов и конструкций контактной сети.

Основным показателем надежности элементов контактной сети является интенсивность отказов. Классическая кривая интенсивности отказов от времени состоит из трех участков: приработка – I, нормальная работа – II и деградация – III [1]. Для того, чтобы уменьшить время приработки, необходимо устранять выявленные недочеты на стадии проектирования и монтажа как можно раньше. Второй участок соответствует нормальному режиму работы объекта. Отказы появляются, например, из-за неблагоприятных внешних факторов (климатические условия). На III участке кривой интенсивности начинают сказываться постепенные отказы, вызванные деградационными процессами (износом, старением, разрегулировками).

Определить временные границы указанных трех этапов для системы токосъема как обычных, так и высокоскоростных магистралей на сегодняшний день возможно путем моделирования, т.к. значения интенсивности отказов современных устройств контактной сети еще не известны.

В связи с этим необходимо разработать математическую модель, позволяющую оценивать срок жизненного цикла системы токосъема в зависимости от возникающих в ней нагрузок.

При строительстве новых участках железных дорог встает вопрос о точном определении стоимости жизненного цикла технических систем и, как следствие, порождается задача по оптимизации этой стоимости, т.е. нахождения такого варианта использования оборудования, которое даст самую низкую стоимость жизненного цикла, при условии достижения требуемого уровня надежно-

сти и безопасности.

ОАО «РЖД» в рамках применения методологии УПРАН рекомендует оценивать стоимость жизненного цикла на предмет принятия решения о необходимости продления срока службы объектов или их замены.

Тем не менее, вопрос выбора точного коэффициента модернизации не раскрыт. Для каждого участка он может быть различен. Следовательно и решающее правило может быть скорректировано.

В продолжение исследования была построена математическая модель для объектов КС (КП, разрядник, НТ, опора) на примере модели отказа «параметр - поле допуска».

Принятые допущения: закон распределения параметра $f(x, t)$ во времени не изменяется; реализации $x_i(t)$ и моментные функции параметров плотности распределения $f(x, t)$ во времени изменяются монотонно; в начальный момент времени значения параметров находятся в границах поля допуска.

Следует отметить, что такая модель не в полной мере отражает случайный процесс изменения параметра. Не учитывается зависимость между значениями случайной функции в различные моменты времени. Поэтому полученная функция $Q(t)$ не всегда удовлетворяет условию.

Нахождение аналитической зависимости вероятности отказа от наработки требует интегрирования, что не всегда удается выполнить в элементарных функциях. В общем случае может потребоваться численное интегрирование. Задавшись распределением случайной величины отказа по закону Гаусса для рассматриваемых элементов были получены зависимости, из которых следует, что вероятность заставить контактный провод в неработоспособном состоянии повышается к 30 годам эксплуатации, а несущий трос – к 45 годам (рис. 1).

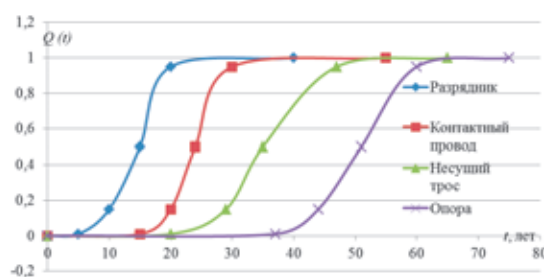


Рис. 1. Нормальное распределение функции ненадежности

Для каждого участка при различных исходных данных результаты могут значительно отличаться. Так, в случае экспоненциального закона распределения времени восстановления, расчеты показывают, что вероятность заставить контактный провод в работоспособном состоянии уменьшается к 20 годам [1; 2].

При оценке надежности работы объектов необходимо уделять больше внимания основным

показателям (параметр потока восстановлений, функции готовности и оперативной готовности, а также коэффициенты готовности и оперативной готовности).

Основные элементы контактной сети можно отнести к восстанавливаемым объектам. На рис. 2 наглядно представлен процесс отказа и последующего восстановления одного элемента, входящего в состав такой единой сложной технической системы, как инфраструктурный комплекс системы токосъема.

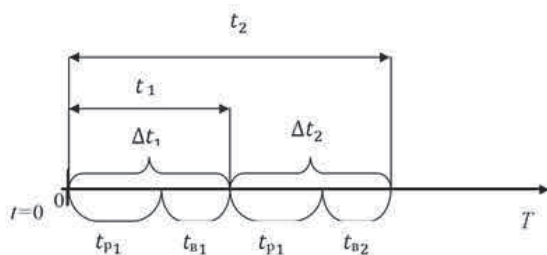


Рис. 2. Периоды работы восстанавливаемого объекта

Система начинает работать в момент времени $t = 0$ и продолжает до момента времени t_{p1} . После этого происходит восстановление объекта в течение времени $t_{в1}$. Затем система продолжит работать случайное время t_{p2} . Проработав некоторый промежуток времени, система (элемент системы) вновь выходит из строя в момент $t_{p1} + t_{в1} + t_{p2}$ и восстанавливается в течение времени $t_{в2}$.

Интервалы времени между отказами представляют собой систему взаимно независимых случайных величин [3; 4]. Моменты отказов или восстановлений составляют в каждом опыте ряд чисел, которые образуют случайный поток, названный процессом восстановления. Данный процесс является различным для элементов и продолжается в течение жизненного цикла системы или элемента, входящего в него. Основной характеристикой процесса восстановления является функция восстановления $\Omega(t)$ и ее дифференциальная характеристика – плотность восстановления $\omega(t)$, определяемые по следующим формулам:

$$\Omega(t) = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(t); \quad (1)$$

$$\omega(t) = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(t), \quad (2)$$

где $f_n(t)$ и $F_n(t)$ – соответственно плотность и функция распределения наработки до n -го отказа.

В случае независимости наработок между отказами функции распределения $F_n(t)$ наработок до n -го отказа находятся путем последовательного применения правила свертки для суммы двух случайных величин:

$$F_n(t) = F_{n-1}(t) \cdot F(\square t_n) = \int_0^t F_{n-1}(t - \square t) \cdot dF(\square t). \quad (3)$$

Вычисление аналитических выражений для функции восстановления $\Omega(t)$ и плотности восстановления $\omega(t)$ невозможно из-за сложности математической формализации применяемых стратегий восстановления работоспособности технических систем и необходимости учета множества факторов, влияющих на замену элемента в системе. Свертка, приведенная в формуле (3) лишь для некоторых законов распределения, вычисляется в конечном виде. В этих условиях наиболее эффективным методом расчета является метод Монте-Карло.

С помощью генераторов случайных чисел вычисляют эти показатели, и прогнозируется вероятность заставить объект в неработоспособном состоянии. С другой стороны, это будет оптимальное время проведения управляющих воздействий (УВ). Учитывая, что данные по интенсивностям отказов и времени восстановления аккумулируют системы КАСАНТ и УРРАН, то, применив эту модель, станет возможным планировать точные сроки УВ.

Для сокращения рисков необходимо индивидуально подходить к расчету СЖЦ каждого элемента ИКСТ. В условиях рыночной экономики само понятие «цена» теряет всякий смысл, так как каждый контракт на поставку оборудования и материалов уникален. В этом смысле цену на оборудование и материалы можно рассматривать лишь как некий ориентировочный средний уровень, диктуемый в настоящий момент рынком.

В научно-исследовательской лаборатории «Системы автоматизированного проектирования контактной сети» (НИЛ «САПР КС») Уральского государственного университета путей сообщения в 2012 году на основе методики расчета разработан программный комплекс «Расчет стоимости жизненного цикла сложных технических систем». Автоматизация расчета стоимости жизненного цикла, в частности ИКСТ, с учетом изменяющегося во времени коэффициента дисконтирования, является актуальной задачей. Точное определение показателей экономической эффективности (стоимость ЖЦ, полезный экономический эффект, лимитная цена) отдельных элементов системы дает возможность заранее определить рентабельность с коммерческой точки зрения использования новых образцов техники (опоры, консоли, фиксаторы, зажимы проводов и др.) по сравнению с их аналогами, которые морально и технически устарели.

Помимо непосредственного определения стоимости жизненного цикла ИКСТ необходимо находить оптимальные решения по ее уменьшению. Число неизвестных в задаче оптимизации параметров ИКСТ всегда больше числа уравнений.

Оптимальное решение может быть получено для заданного типа подвижного состава, скорости движения, конкретного месторасположения анкерного участка, так как в процессе взаимодействия анкерный участок ведет себя как единое целое. Учитывая конечную скорость распространения колебаний вдоль подвески и ее соизмеримость со скоростью движения ЭПС, можно с полной уверенностью охарактеризовать систему «анкерный участок – токоприемники» как объект с памятью. Последнее означает, что мгновенное значение силы нажатия на любом токоприемнике зависит не только от приложенных в текущий момент сил, но и от состояния системы в предыдущие моменты времени и величин сил в эти моменты времени. Одним из сильных возмущающих факторов является вход токоприемников в переходной пролет анкерного участка. Параметры этого входа зависят от многих местных особенностей. Поэтому оптимальная регулировка различных анкерных участков, расположенных друг за другом по одному и тому же пути, будет различной (даже для одного и того же типа ЭПС). То, что оптимально в одном случае, не станет таковым в другом. Необходимо учитывать вероятностную природу событий: параметры токоприемников и скорости движения ЭПС, случайный характер внешних нагрузок и разрегулировок

В 2010 году в ОАО «Российские железные дороги» была развернута работа по гармонизации собственной нормативной базы с системой стандартов *RAMS*, широко применяемой на железных дорогах Евросоюза и Америки [5].

RAMS – это методология обеспечения безотказности (*Reliability*), готовности (*Availability*), ремонтпригодности (*Maintainability*) и безопасности (*Safety*) на железнодорожном транспорте (рис. 3), представляет собой коллективный труд европейского сообщества, формализованный стандартами *EN 50126* и *IEC 62278*.

Изначальная направленность *RAMS* на производителей технических средств не удовлетворяла целям ОАО «РЖД», которые ориентированы на эксплуатационную деятельность. Это привело к необходимости разработки показателей эксплуатационной надежности и безопасности объектов железнодорожного транспорта, увязанных с объемами выполняемой эксплуатационной работы, и созданию на их основе Российской методологии Управления ресурсами, рисками и надежностью на всех стадиях жизненного цикла (УПРАН). Дополнительно к показателям, используемым в методологии *RAMS*, в систему УПРАН были включены показатели долговечности (*durability*) и экономики (*economics*). В настоящее время разработка и внедрение системы УПРАН реализуется в рамках управления инфраструктурой.

Таким образом, в системе УПРАН объекты инфраструктуры оцениваются следующими ключевыми показателями:

- а) долговечность:
 - средним ресурсом;
- б) безотказность:
 - средней наработкой до отказа (для невосстанавливаемых элементов);

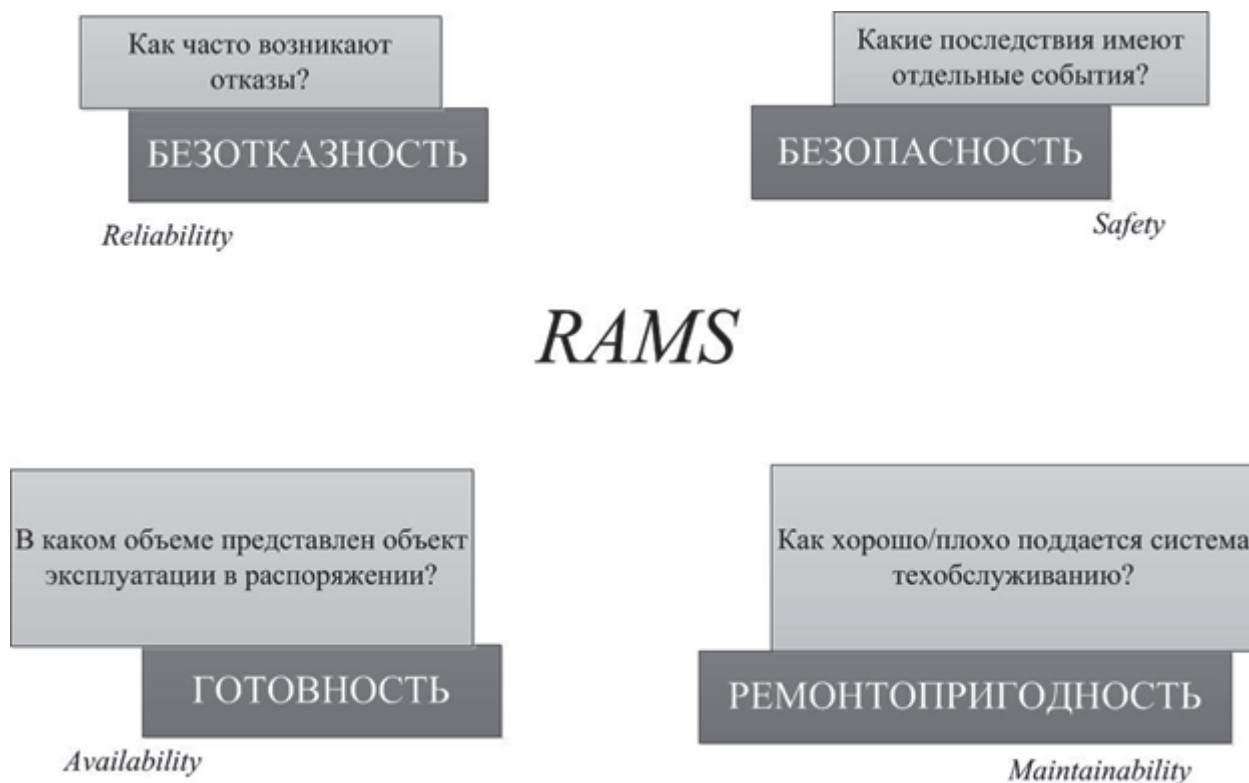


Рис. 3. Модель *RAMS*

- средней наработкой на отказ (для восстанавливаемых элементов);
- интенсивностью отказов;
- в) готовность:
 - коэффициентом простоя;
- г) ремонтпригодность:
 - средним временем до восстановления;
- д) безопасность:
 - интенсивностью опасных отказов;
 - средней наработкой на опасный отказ;
- е) экономика:
 - удельной трудоемкостью восстановления;
 - удельной трудоемкостью технического содержания;
 - фактическими удельными прямыми расходами на текущее содержание объекта инфраструктуры.

Надежность объектов инфраструктуры закладывается при проектировании, реализуется при изготовлении и «расходуется» при эксплуатации. Показатели системы УРРАП позволяют анализировать эффективность функционирования объектов инфраструктуры на всех стадиях жизненного цикла с различной глубиной детализации, включая планирование инвестиций. Данный анализ заключается в сопоставлении рассчитанных по результатам эксплуатации фактических показателей с показателями, рассчитанными при проектировании (так называемыми проектными), и с допустимыми показателями, установленными в соответствии с местными условиями.

Цель применения показателей УРРАП состоит в разработке и реализации конкретных мероприятий по управлению надежностью, безопасностью и ресурсами объектов инфраструктуры на различных стадиях жизненного цикла [6].

Методология оценки СЖЦ в хозяйствах электрификации и электроснабжения является инструментом, позволяющим принять экономически обоснованное решение при выборе альтернатив, заключающихся в замене выработавшего назначенный производителем ресурс оборудования новым или обновлении, ремонте или продлении срока службы действующего оборудования.

В процессе оценки СЖЦ необходимо:

- определить состав и размер затрат жизненного цикла устройств, для которых возможно продление срока службы;
- сформировать перечень факторов, влияющих на СЖЦ, и оценить количественные показатели степени их влияния;
- сформировать решающее правило для принятия решения о продлении срока службы объекта электрификации и электроснабжения или его замене.

Затратами жизненного цикла объекта хозяйства электрификации и электроснабжения являются:

- затраты на приобретение и установку объекта (разработку и проектирование, материалы, логистику, строительство, наладку, тестирование);
- затраты на текущее обслуживание и ре-

монт объекта (проведение регулярных осмотров, заработная плата персонала материалы, транспортировка, затраты, связанные с технологическими окнами);

- затраты, связанные с отказами объекта (ущерб от опасных отказов, внеплановые ремонтные работы, простои поездов и возможные штрафные санкции, вызванные отказами, недополученная прибыль);

- затраты, связанные с утилизацией объекта.

Экономическое обоснование решения при продлении назначенного срока службы объекта состоит в сравнении экономического эффекта двух вариантов: с продлением срока службы объекта и без него (объект своевременно выведен из эксплуатации). Выбор осуществляется в пользу решения, при реализации которого ожидаются наименьшие затраты жизненного цикла объекта.

При продлении срока службы важно учесть следующие составляющие его СЖЦ:

- затраты на оценку фактического состояния (для устройств, допускающих продление назначенного срока службы в зависимости от фактического технического состояния);

- затраты на документальное оформление продления срока службы (для устройств, допускающих продление назначенного срока службы в зависимости от фактического технического состояния);

- дополнительную стоимость текущего содержания для устройств с продленным сроком службы (по сравнению с плановыми затратами на текущее содержание для устройств, назначенный срок службы которых закончился);

- дополнительную стоимость плановых ремонтов устройств с продленным сроком службы (по сравнению с плановыми затратами на плановые ремонты устройств, назначенный срок службы которых не закончился).

Принимая во внимание указанные составляющие, расчет экономической эффективности продления срока службы объекта, должен осуществляться на основании следующей функции [6]:

$$F = \overline{СЖЦ}_3 - (1 + k_{\text{мод}}) \overline{СЖЦ}_{\Pi},$$

где $\overline{СЖЦ}_3$ – среднегодовая стоимость жизненного цикла;

$\overline{СЖЦ}_{\Pi}$ – среднегодовая стоимость жизненного цикла несущего троса в случае продления срока его службы;

$k_{\text{мод}} \in [0; 0,2]$ – коэффициент модернизации, определяющий границы, в случае которых при незначительном преимуществе в пользу решения о продлении принимается решение о замене оборудования. Границы или значение данного коэффициента определяются на основе статистических методов Управлением электрификации и электроснабжения Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД».

Решающее правило для принятия решения о продлении срока службы несущего троса или его замене выглядит следующим образом [7]:

1. Если $F > 0 \leftrightarrow$ продление срока службы экономически эффективно;

2. Если $F < 0 \leftrightarrow$ продление срока службы экономически неэффективно.

Не всегда продление ЖЦ изделия будет залогом повышения качества. Для достижения экономического эффекта предлагается разрабатывать методы и технологии, позволяющие прогнозировать срок службы контактной сети в целом, предлагать реальные варианты сокращения СЖЦ и тем самым повышать надежность всего инфраструктурного комплекса.

Список литературы

1. Галкин О.Г., Ефимов О.В., Матусевич О.О., Кузнецов В.Г. Надійність і діагностика пристроїв тягового електропостачання: навч. посібник. – Дн-вськ: Вид-во Маковецький, 2009. – 248 с.

2. Ковалев, А.А. Применение методологии УРРАН для определение целесообразности продления срока службы несущего троса контактной подвески // Наука и транспорт. Модернизация железнодорожного транспорта. – 2013. – № 2 (6). – С. 24–28.

3. Галкин А.Г., Ковалев А.А., Микава А.В. Применение контракта жизненного цикла для инфраструктурного комплекса системы токопитающей // Транспорт Урала. – 2012. – № 3 (34). – С. 85–90.

4. Кострикин К.О., Скок И.А. Стоимость жизненного цикла железнодорожного подвижного состава // Экономика железных дорог. – 2012. – № 1.

5. О методике определения стоимости жизненного цикла и лимитной цены сложных технических систем железнодорожного транспорта: распоряжение ОАО «РЖД» от 27 декабря 2007 г. № 2459р.

6. Концепция комплексного управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте (редакция 1.1) / Утверждена старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В.А. Гапановичем. 2010 г. 132 с.

7. Методика оценки эффективности продления срока службы основных средств хозяйства электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» на основе методологии УРРАН / Утверждена старшим вице-президентом ОАО «РЖД» В.А. Гапановичем. 2012 г. 57 с.

УДК 656.2(09)

ПЕРЕПОДГОТОВКА РАБОЧИХ КАДРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ УРАЛА В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ

RETRAINING THE RAILWAY WORKERS ON THE URALS IN THE PERIOD OF INTENSIVE MODERNIZATION

Ключевые слова: модернизация, Генеральный план электрификации железных дорог, инновации, локомотивное депо, межличностное общение, дорожная техническая школа.

Key words: modernization, the General Plan of electrification of the railways, innovations, locomotive depot, personal discussion, the railway technical school.

Аннотация

В работе проанализированы основные направления и способы переподготовки рабочих кадров на железнодорожном транспорте Урала в период интенсивной электрификации железных дорог. Определены основные этапы и характерные черты развития системы переподготовки рабочих кадров на железных дорогах Урала: обучение лучших работников на центральных курсах в Москве и на базе локомотивных депо, распространение знаний обученными работниками среди местных производственных коллективов, превращение местных локомотивных депо в опорные центры подготовки рабочих кадров для других железных дорог.

Annotation

The analysis of main directions and ways of retraining the workers on the Urals railway transport in the period of intensive electrification of the railways is made in the article. The main periods and peculiarities retraining the railway workers are defined and presented in the article. The first period concerns to training the most qualified workers on the courses in Moscow or on the base of other locomotive depots. In the second period the most qualified workers diffused the innovative learning in the local worker personnel. In the third period the local locomotive depots transform into the new centers of training the workers for other railways. The system of retraining the railway workers in the Urals proved to be effective and stable way of providing the railway transport for qualified personnel.

Конов Алексей Александрович

Уральский государственный университет путей
связи, доцент, канд. ист. наук,
тел. 89126742330; alek.konov2012@yandex.ru

Функционирование железнодорожного транспорта немыслимо без участия в трудовом процессе рабочих массовых профессий. В середине 1950-х – середине 1960-х гг. модернизация железнодорожного транспорта потребовала их дополнительного притока на железные дороги страны и Урала, особенно по новым специальностям, связанным с обслуживанием прогрессивных видов локомотивной тяги, электрооборудования и нового подвижного состава. Новая техника требовала нового работника, обладающего высоким образовательным уровнем и передовым производственным опытом.

В феврале 1956 г. Совет министров СССР принял Генеральный план электрификации железных дорог, предусматривающий в период 1956-1970 гг. электрифицировать 40 тыс. км линий, то есть увеличить протяженность электрифицированных железных дорог в 9 раз. Намечалось перевести на электрическую тягу, в первую очередь, важнейшие грузонапряженные линии, с большими размерами пассажирского движения и пригородные участки в 59 крупнейших промышленных центрах.

Железнодорожный транспорт Урала вступил в новый этап своего развития. Если в начале 1930-х и потом, в первые послевоенные годы с помощью электрической тяги на железных дорогах Урала решались в общем-то локальные проблемы, то со второй половины 1950-х гг. вступила в силу общесоюзная программа электрификации железных дорог, имевшая целью повышение эффективности всей транспортной системы страны.

С принятием Генерального плана электрификации железных дорог потребовалась массовая подготовка локомотивных бригад, слесарей по ремонту тепловозов и электроподвижного состава, а также работников энергоснабжения и энергетического хозяйства. Начальник Главного управления кадров Министерства путей сообщения И.З. Митрошин выразил общую установку советского правительства по данному вопросу на страницах журнала «Железнодорожный транспорт» в июле 1956 года: «Эти кадры должны готовиться преимущественно из числа имеющихся паровозных машинистов, помощников машинистов, кочегаров, слесарей по ремонту паровозов и поездных вагонных мастеров» [6]. Подготовку и переподготовку кадров массовых профессий предписывалось провести на базе дорожных технических школ. При этом если до 1950 года программа обучения ограничивалась в основном техническим минимумом, то в 1950-е и последующие годы главным содержанием обучения стало повышение общеобразовательных, технических и специальных знаний, необходимых для овладения передовой техникой и высокопроизводительными приемами труда.

В дорожных технических школах преимущественно готовились кадры наиболее сложных профессий железнодорожного транспорта, связанных с безопасностью движения поездов: машинисты

паровозов, их помощники, начальники станций, диспетчеры, дежурные по станции, поездные вагонные мастера, электромеханики, дорожные мастера. Подготовка рабочих по более простым профессиям (стрелочники, слесари, станочники, кондукторы, кочегары) проходила в основном без отрыва от производства индивидуально-бригадным порядком.

При всех технических школах постоянно действовали курсы, на которых с отрывом от производства получали новую специальность старшие машинисты, дежурные по депо, поездные вагонные мастера, начальники пунктов технического осмотра вагонов и автоконтрольных пунктов, водители моторельсового транспорта, мостовые мастера, начальники вокзалов и поездов, электромеханики и весовщики. Преимущество постоянно действующих курсов состояло в том, что работали они в специальных учебных помещениях, имели сложившиеся формы преподавания и постоянный преподавательский состав.

Подготовка на курсах носила многопрофильный характер: изучались новые виды и образцы оборудования, агрегатов, механизмов, аппаратуры; новые серии локомотивов; устройство цельнометаллических вагонов, механизмов для ремонта пути, оборудование тяговых подстанций, новое оборудование автоблокировки. Большое внимание уделялось передовым технологическим процессам: индустриальным методам ремонта локомотивов и вагонов, единому технологическому процессу работы станции, поточной организации производства в цехах.

Особенно серьезное внимание уделялось на железных дорогах Урала школам передового опыта. Через данную форму обучения также широко осваивались технические инновации работниками транспорта. Об этом говорит тот факт, что только за двенадцать послевоенных лет на Свердловской дороге проведено 7,5 тыс. таких школ, в которых было обучено 56 тыс. железнодорожников. Школы передового опыта проводились по самым актуальным проблемам: вождение тяжеловесных поездов, экономное расходование топлива, электроэнергии, материалов, рациональное использование подвижного состава, передовые методы текущего содержания и ремонта железнодорожных устройств и т.п. Участники школ осваивали комплекс методов и приемов, достигнутых новаторами производства.

Занятия здесь вели сами новаторы, непосредственно на рабочем месте передававшие свои приемы прикрепленным к ним рабочим. В группах при передовиках обычно занимались 5-10 человек, программа рассчитывалась на 20-30 часов. Школы передового опыта подразделялись на дорожные, отделенческие и стахановские школы при предприятиях. Наиболее эффективными в распространении рациональных приемов труда были дорожные школы. Знания, перенимаемые от более опытных работников, усваивались на-

много лучше и быстрее, так как это происходило в межличностном общении с максимальным использованием принципа наглядности. В школах передового опыта фактор межличностного общения в усвоении инноваций имел большее значение, чем при других формах обучения рабочих.

К концу 1950-х гг. в Пермском электровозном депо под руководством рационализатора Н.И. Пачеса был организован экспериментальный цех по механизации всех видов ремонтных работ. Самая известная разработка цеха – механизированное стойло для периодического ремонта электровозов. Это изобретение освободило деповских слесарей от кувалды, гаечных ключей и прочих малопроизводительных инструментов, повысив их производительность труда на 40%. Теперь на ремонтных позициях поворотом нескольких рукояток слесарь легко управлял мощными гидродомкратами, способными за считанные минуты поднять кузов электровоза или тяговый электродвигатель. Экспериментальный цех Н.И. Пачеса вызвал большой интерес и стал предметом пристального изучения на всех железных дорогах СССР. Ориентируясь на этот образец, Южная, Юго-Западная, Одесская и ряд других железных дорог сети создали подобные цехи [3, с. 210].

В 1964 г. на Южно-Уральской дороге передовой машинист электровоза В.К. Егоров, хорошо понимая, как важно для страны сбережение энергоресурсов, выступил с инициативой объединения в одну колонну машинистов электровозов, допуская перерасход электроэнергии при вождении поездов. В.К. Егоров личным примером, выезжая на линию с каждым машинистом, показывал свои приемы вождения поездов. В результате проведенной работы 23 машиниста электровоза не только покрыли допущенный перерасход электроэнергии, но и сумели ее сэкономить.

Огромное значение имело практическое обучение путейцев передовыми работниками Южно-Уральской дороги. Так, 28-30 июня 1967 г. на станции Челябинск и Троицкой дистанции пути была проведена сетевая школа по изучению передового опыта оздоровления земляного полотна при капитальном ремонте пути. Участники школы на месте производства работ на перегоне Золотая Сопка – Мангай практически ознакомились с механизированным методом укладки утепляющих подушек на участке капитального ремонта пути.

Стахановские школы как наиболее доступная форма повышения квалификации кадров способствовали, во-первых, успешному комплектованию штатов предприятий опытными работниками, во-вторых, у рабочих, прошедших переподготовку в стахановских школах, были более высокими производительность труда и качественные показатели. В стахановских школах овладевали прогрессивными приемами работники как основных, так и вспомогательных служб: путейцы, слесари, станочники, весовщики, строители.

Итак, несомненными сильными сторонами обу-

чения работников в школах передового опыта были обучение непосредственно на рабочем месте, освоение сложной техники и технологии в предельно короткие сроки, широкое использование личного опыта передовых работников, относительно невысокая стоимость обучения.

Основным направлением переподготовки кадров машинистов паровозов и их помощников, бригадиров и слесарей стала организация сети курсов при паровозных депо и локомотиворемонтных заводах. Отбор кандидатов для переподготовки на машинистов электровозов и тепловозов предписывалось производить из числа наиболее квалифицированных работников. Важно отметить, что курсы переподготовки кадров создавались без отрыва от производства, в первую очередь, в тех паровозных депо, которые переводились на новые виды тяги.

С 1957 года началось массовое переоборудование паровозных депо железных дорог Урала под новые виды тяги. В соответствии с распоряжением МПС от 21 июня 1957 г. для оказания практической помощи паровозным депо по своевременной подготовке их для ремонта тепловозов и электровозов были организованы технологические наладочные бригады из сотрудников Главного управления локомотивного хозяйства Министерства путей сообщения и Проектно-конструкторского бюро (ПКБ ЦТ). Эти наладочные бригады предварительно проходили специальную подготовку на тепловозостроительных и электровозостроительных заводах [4, с. 230].

В 1957-1958 гг. технологические наладочные бригады во главе с опытными специалистами оказали практическую помощь при переоборудовании в тепловозные паровозных депо Карталы, Орск, Петропавловск, Красноуфимск. Совместная творческая деятельность работников депо, дорог, научных институтов, конструкторов ПКБ и промышленности и наладочных бригад способствовала успешному выполнению большого объема работ не только по переоборудованию депо и освоению новых видов тяги, но и по качественной переподготовке большого количества рабочих и инженерно-технических кадров.

В начальный период перевода дорог на новые виды тяги практически еще отсутствовала техническая литература и наглядные пособия по устройству, эксплуатации и ремонту электровозов и тепловозов. Тем не менее, творчеством энтузиастов, которые были в каждом депо, в первые же годы массовой переподготовки кадров были разработаны и изготовлены многочисленные наглядные пособия: действующие высоковольтные камеры локомотивов, макеты их основных узлов, плакаты и электрические схемы.

Большую работу в данном направлении проводили машинисты Свердловской магистрали М.И. Черепанов и В. Бармин. Деятельность обоих машинистов пришлась на 1950-60-е гг. – период, когда Свердловская дорога активно осваивала

новые виды тяги, новые технологии грузовых перевозок, ее направления оборудовались современными средствами связи, блокировки, управления перевозочными процессами. Одним из первых, освоив электровоз ВЛ11, М.И. Черепанов разработал систему аварийной работы электровозов в сплотке, стал соавтором памятки машинисту по обнаружению и исправлению неисправностей в пути следования. В. Бармин работал машинистом-инструктором по рекуперации и экономии электроэнергии. Им составлена первая на сети железных дорог памятка по устранению характерных неисправностей в электрических цепях электровоза.

Как правило, памятки и инструкции составлялись сразу несколькими машинистами. Они постоянно посещали технические совещания и записывали новые сведения в блокноты, чертили схемы, чтобы в следующий раз, столкнувшись с похожей нестандартной ситуацией, суметь найти оптимальный выход из нее. Машинисты объединяли свои записи и схемы и составляли памятку по ремонту и эксплуатации электровозов. Такая памятка очень быстро становилась достоянием всех машинистов железных дорог края. По таким «учебным пособиям» учились не только ветераны-паровозники, но и молодые машинисты-новички.

Изученный фактический материал позволяет утверждать, что самой сложной проблемой стала переподготовка работников для обслуживания и эксплуатации новых видов тяги. Во-первых, надо было переучивать машинистов и их помощников в короткий срок, а дорожная техническая школа могла провести переквалификацию машиниста не менее чем за 6 месяцев. Во-вторых, машинистов на этот период уральским дорогам никто не добавлял, а необходимо было и водить поезда, и посылать людей на курсы. Многие же машинисты, особенно старшего возраста, не имели и семилетнего образования, следовательно, начальники уральских дорог не могли направлять их на переквалификацию. Этим машинистам необходимо было сначала освоить школьную программу.

Можно выделить два направления в организации переподготовки кадров рабочих и техников локомотивных депо: отправка работников на курсы повышения квалификации в Москву (либо приглашение опытных специалистов из Москвы для обучения своих кадров) и широкое использование знаний и опыта работников из своих же предприятий, первыми освоивших новые виды тяги. В целом возобладавало второе направление в организации переподготовки кадров. Затем осуществлялась массовая подготовка местных кадров с опорой на передовые локомотивные депо, уже освоившие новую технику.

В 1960-х гг. локомотивное депо Орск стало своеобразной кузницей кадров по подготовке инженеров и техников тепловозного хозяйства. В этом депо проходили поездную и ремонтную практику студенты Ленинградского, Ростовского, Харь-

ковского и Днепропетровского институтов железнодорожного транспорта. После переподготовки машинистов и слесарей локомотивного депо Златоуст здесь же прошли практическое обучение многие локомотивные бригады и ремонтники депо Челябинск, Курган, Петропавловск, Пенза-3, Дема, Иркутск, Ярославль, Туапсе.

Машинисты паровозов из Барабинска проходили обучение на машинистов электровозов на курсах с отрывом от производства на базе электровозных депо Белово, Златоуст, Чусовская. Обучение проводили опытные уральские машинисты-электровозники. Для машинистов, успешно выдержавших экзамен на право управления электровозом, была создана специальная школа обучения работе в зимних условиях. В первых поездках «молодых» электровозников сопровождали командиры, инженеры, более опытные товарищи из других депо.

Настоящей кузницей кадров называли уже в 1958 г. Чусовское электровозное депо [1]. В 1960-е гг. коллектив депо дал многих квалифицированных машинистов и рабочих по обслуживанию электровозов для всей сети железных дорог СССР. Электровозное депо Чусовская содействовало становлению такого крупного электровозного депо, как Пермь-II. На первом этапе становления нового депо чусовские железнодорожники организовали на станции Пермь-Сортировочная пункт оборота для электровозов Чусовского депо. На втором этапе работники депо подготовили и на добровольных началах перевели в Пермь более 200 высококвалифицированных рабочих. Так была заложена кадровая база электровозного депо Пермь-II. Всего в новое депо перевели из депо Чусовская 145 машинистов, 18 инженерно-технических работников, 16 слесарей, 11 служащих и 18 человек прочих профессий.

В середине 1965 г. в депо Свердловск-Пассажирский прибыли новые пассажирские электровозы серии ЧС-2. Машинист-инструктор Л.Н. Дьячков с наиболее опытными машинистами И.Н. Шабалиным и А.Я. Жеребцовым были направлены в локомотивное депо Барабинск Западно-Сибирской железной дороги для освоения эксплуатации новых электровозов. После возвращения из Барабинска они по ранее отработанной системе совместно с инструктором Елисеевым проводили теоретические и практические занятия с остальными машинистами депо для работы на электровозах ЧС-2. Ежегодно депо готовило 50-60 машинистов и до 80 помощников, то есть в дальнейшем само превратилось в опорный центр подготовки кадров [1].

Железные дороги Урала в 1950-1970-х гг. являлись своеобразным полигоном для испытания новой локомотивной техники и электротехнического оборудования, производившихся для других железных дорог СССР для испытания новой локомотивной техники и электротехнического оборудования, производившихся для. Инженеры ло-

комotiveстроительных заводов и ученые Всесоюзного научно-исследовательского института железнодорожного транспорта стремились провести испытания новых образцов локомотивов в суровых климатических условиях Урала с горным профилем местности. В связи с этим на железных дорогах Урала сложилась совершенно уникальная форма освоения научно-технических инноваций в процессе непосредственного взаимодействия ученых, конструкторов и работников локомотивных депо по поиску и выявлению преимуществ и недостатков новой техники. Сосредоточив свое внимание и усилия на решении той или иной технической проблемы, работники локомотивных депо совместно с учеными начинали быстро вникать в устройство новой техники и осваивать принципы ее работы.

В начале 1955 г. для переоборудования депо Петропавловск в тепловозное депо в него была направлена группа молодых инженеров-тепловозников, выпускников Московского института инженеров транспорта (МИИТ). В это же время в депо поступила большая партия тепловозов серии ТЭ2. В процессе эксплуатации тепловозов ТЭ2 и ТЭ3 выявлялись их недостатки, которые исследовались инженерами депо совместно с группой научных сотрудников Всероссийского научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ) и представителями заводов, которые были командированы в депо Петропавловск на период освоения новой серии тепловозов. В результате уже в 1955-1956 гг. депо Петропавловск стало школой подготовки инженерно-технического и ремонтно-эксплуатационного персонала и центром накопления практического опыта для разработки и составления инструкций и правил по обслуживанию локомотивов ТЭ2 и ТЭ3. Совершенствование новой серии тепловоза осуществлялось энергично и в короткие сроки [4, с.230].

В 1973 г. в локомотивном депо Тюмень были организованы школы изучения принципов эксплуатации и ремонта новых тепловозов 2ТЭ116. Работники депо трудились в тесном содружестве с создателями нового тепловоза, вместе выясняли его эксплуатационные качества, помогали устранять недостатки. При депо находились работники Коломенского, Ворошиловградского заводов для оказания помощи по освоению нового тепловоза. Для передачи опыта было организовано несколько дорожных школ, занятия в которых вели инженеры, машинисты, мастера Тюменского депо [5, с. 287].

Итак, на железнодорожном транспорте Урала в середине 1950-х-1970-е гг. сформировалась и последовательно воспроизводилась единая система освоения работниками научно-технических инноваций. Эту систему можно представить в виде трех этапов освоения и распространения новых знаний:

1) приобретение конкретными работниками личного опыта и знаний на центральных курсах в Москве, в локомотивных депо других железных дорог,

реже – на локомотивостроительных заводах.

2) распространение этими работниками полученных знаний и опыта в своих производственных коллективах через школы передового опыта или дорожные технические школы. В любом случае определяющую роль в распространении новых знаний играет межличностное общение опытного работника и обучаемых работников. Межличностное общение и принцип наглядности позволяют осваивать новые знания в короткие сроки и с гораздо большей готовностью и желанием.

3) постепенно местное предприятие превращается благодаря накопленному опыту эксплуатации новой техники и количеству подготовленных местных кадров в новый опорный пункт подготовки кадров для других предприятий железной дороги и даже для других железнодорожных магистралей.

Модернизационные импульсы проникали сначала в материально-техническую базу транспорта, затем вызывали серьезные изменения в профессиональной структуре. Последствиями этих изменений стали повышение образовательного уровня работников и их профессионализма, активное освоение новой техники непосредственно на производстве, преодоление чувства недоверия к возможностям новой техники. В заключение следует обратиться к анализу статистических данных, характеризующих эффективность различных форм обучения рабочих на примере Свердловской железной дороги (табл. 1).

Табл. 1 показывает, что преобладающей формой подготовки рабочих кадров на Свердловской дороге являлось обучение без отрыва от производства, так как руководство дороги не всегда могло отвлекать на учебу работников, дефицит которых ощущался постоянно. К тому же стоимость обучения с отрывом от производства была существенно выше, чем без отрыва. Из табл. 1 также видно, что на Свердловской магистрали полностью преобладало повышение квалификации без отрыва от производства, тогда как количество работников, обучавшихся с отрывом от производства, с каждым годом сокращалось. Итак, большинство рабочих Свердловской магистрали осваивали новую технику и технологии непосредственно на производстве, перенимая необходимые знания и навыки от более опытных и знающих работников в школах передового опыта и на производственно-технических курсах.

Следует обратить внимание на то, что темпы и масштабы подготовки рабочих кадров напрямую зависели от интенсивности модернизационных процессов, происходивших на железных дорогах Урала. На Свердловской дороге это был самый напряженный период реализации Генерального плана электрификации, который пришелся на 1958-1963 гг., когда был переведен на электрическую и тепловозную тягу главный ход магистрали от Перми до Называевской. В этот период происходит настоящий всплеск в подготовке рабочих кадров для образовавшихся новых предприятий.

Подготовка и повышение квалификации кадров массовых профессий на Свердловской железной дороге в 1956–1965 гг., чел. [2]

Годы	1956	1958	1960	1961	1963	1965
Всего подготовлено	5961	5343	5000	5879	5578	5385
В том числе в дорожных технических школах с отрывом от производства	1471	2002	1460	1680	1604	1268
Подготовлены без отрыва от производства	4463	3841	-	-	3974	4117
Всего повысили квалификацию	16388	16115	17000	12877	22836	12891
В том числе с отрывом от производства	980	704	320	342	520	473
В том числе без отрыва от производства	8195	15411	-	-	13649	12408
В том числе в школах передового опыта	7213	7042	8016	4749	8667	5455
На производственно-технических курсах	9175	8369	3665	8128	-	7436

Таким образом, сложившиеся на железных дорогах Урала характерные направления и способы освоения научно-технических инноваций оказались достаточно эффективными и устойчивыми, так как позволили в короткие сроки обучить большие по численности коллективы рабочих без ущерба для основной перевозочной работы и использовались в последующие десятилетия развития транспорта. Основной акцент, сделанный советским государством на подготовку новых кадров из прежних работников, в сложившихся условиях себя полностью оправдал, доказав жизнеспособность советской модернизации.

Список литературы

1. Владимиров В., Вязигин Д., Жданов М. Электрификация Свердловской области, ордена Октябрьской революции железной дороги (1933–1983 гг.). / Под ред. В.С. Наговицына. – Екатеринбург: Урал Юр Издат, 2012. – 136 с.
2. Государственный архив Свердловской области. Ф. Р-65. Оп. 6. Д. 68. Л. 50–61. Оп. 13. Д. 48. Л. 105–108. Д. 87. Л. 75–98.
3. Жизнь и судьба моя – железная дорога. Очерки о днях и людях Свердловской магистрали. – Екатеринбург: СВ-96, 2003. – 471 с.
4. История железнодорожного транспорта Советского Союза. Т. 3: 1945–1991 гг. – М.: Академкнига, 2004. – 631 с.
5. Лукьянин В. П. Больше века на службе России. – Екатеринбург: СВ-96, 1998. – 350 с.
6. Митрошин И. З. Подготовка кадров для электровозного и тепловозного хозяйства // Железнодорожный транспорт. – 1956. – № 7. – С. 37–39.

УДК 656.078.12

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СТРУКТУРНО- ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕРМИНАЛА «СУХОЙ ПОРТ»

FACTORS INFLUENCING STRUCTURAL AND PLANNING SOLUTIONS OF TERMINAL «DRY PORT»

Ключевые слова: сухие порты, взаимодействие разных видов транспорта.

Keywords: dry ports, interaction of different modes of transport.

Аннотация

Рассмотрены основные вопросы организации терминалов типа «сухой порт» в транспортном узле. Предложена магистрально-фидерная технология организации движения поездов. Проанализированы возможные варианты компоновки инфраструктурных объектов терминала, а также определены факторы, которые влияют на архитектурно-планировочные и объемно-пространственные характеристики «сухого порта».

Annotation

The basic issues of the organization terminal «dry port» in the transport node. Proposed backbone-feeder technology of the organization of movement

of trains. Possible options for the layout of the infrastructure of the terminal, as well as the factors that affect the architectural and spatial characteristics of «dry port».

Король Роман Григорьевич

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, старший преподаватель кафедры «Технология транспортных процессов и логистика»; Kingkhv27@mail.ru

Основной проблемой системы «морские порты – железная дорога» является несогласованность параметров работы сторон, связанная в том числе с недостаточным развитием припортовых железнодорожных станций и железнодорожных подходов к портам, что периодически приводит к появлению «пробок» и «брошенных поездов» на подходах к транспортному узлу.

Исключение «заторов» и убытков от простоев транспортных средств в системе «порт – припортовая станция» возможно только при опережающем развитии мощностей припортовой железнодорожной станции и подходов к ним в условиях постоянного увеличения перерабатывающей способности причалов морского порта. Исторически морские порты строились вблизи крупных городов, зачастую в их черте, город и порт разрастались, создавая инфраструктурные проблемы, в том числе и для железнодорожных станций, обслуживающих порт. Решение проблемы на припортовых станциях с территориально ограниченными возможностями развития – это организация мест грузопереработки за пределами порта и припортовой станции на терминалах типа «сухой порт».

«Сухой порт» — это терминал, расположенный вне границ территории порта, связанный с ним единой технологией обработки грузов [1]. При этом морской порт осуществляет функции исключительно погрузки/выгрузки морских судов, все остальные операции с грузами (хранение, таможенное оформление, накопление судовых партий, дистрибуция и проч.) производятся на тыловых терминалах.

Что касается развития железнодорожных перевозок, остро стоит вопрос не только улучшения существующей инфраструктуры станций, подходов, путей, но и решения главного вопроса – повышение пропускной способности магистральной части железной дороги. Без решения этого вопроса планы развития портов остаются нереальными. Предлагается решение проблемы путем перевода работы железной дороги на магистрально-фидерную систему.

При существующей системе организации движения вагонопотоков поезда прибывают на припортовую станцию, расформировываются на пути сортировочного парка и подобранными группами вагонов подаются на фронт погрузки-выгрузки порта в соответствии с заявкой или разнарядкой порта.

При внедрении технологии «терминал – припортовая станция – порт» движение вагонопотоков на участке осуществляется через терминал непосредственно в порт, минуя припортовую станцию (рис. 1). Терминал будет согласовывать «магистральные» параметры движения грузов (расписание движения, количество вагонов и т.д.) с «фидерными» параметрами (текущей необходимости доставки нужных вагонов в порт или их вывоза из порта).

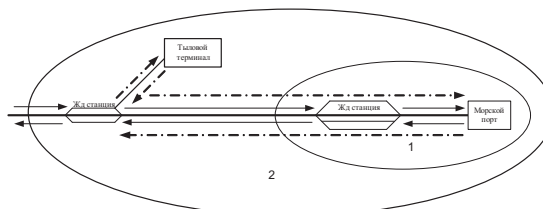


Рис. 1. Схема прохождения вагонопотока: 1 – при существующей технологии «железнодорожная станция – морской порт», 2 – с внедрением технологии «терминал – припортовая станция – морской порт»

С внедрением технологии «терминал – припортовая станция – морской порт» большая часть грузопотока в адрес порта будет замыкаться на тыловом терминале, и подача вагонов будет осуществляться по мере необходимости сразу на причалы порта, минуя станцию транзитом.

Организация тылового терминала позволит вынести часть трудозатратных и продолжительных по времени операций за пределы морского порта, тем самым значительно увеличив его перерабатывающую способность – углубляется специализация, порт становится чисто стивидорной компанией: занимается только погрузкой и выгрузкой. Терминал «сухой порт» также позволит уменьшить колебание «пиковых» нагрузок на морской и железнодорожный транспорт в узле. Кроме того, такие терминалы могут обслуживать несколько морских портов. Функциональное «насыщение» таких терминалов может быть разнообразным в зависимости от потребностей порта и железной дороги.

При выборе места размещения «сухого порта» следует придерживаться следующих принципов [2]:

1) инфраструктурные:

- максимальная близость к крупному транспортному узлу и к транспортным магистралям;
- наличие удобных подъездных путей;
- размер и конфигурация спроектированного участка;
- возможность расширения участка земли в связи с увеличением перерабатывающей способности терминала;
- наличие на станции примыкания достаточного путевого развития;
- наличие резервов пропускной способности железнодорожной инфраструктуры на подходах к станции примыкания;

– непосредственная близость к городской агломерации.

2) государственные:

– планы местных властей на предполагаемые и прилегающие участки земли;

– местное законодательство;

– строительные факторы (общепринятые стандарты для аналогичных сооружений, т.е. расстояния между зданиями, подъезд к ним и т. п.) и предписания в области экологии;

– законодательство, регулирующее пересечение границ (таможенные правила, внешнеторговые законы), которое может ущемлять интересы экспортеров и, следовательно, способствовать принятию решения о размещении терминала за рубежом;

– государственная поддержка (программы содействия регионам со слаборазвитой экономической структурой, помощь в основании частных предприятий).

3) экономические:

– возможность организации на сопредельной территории зон технико-экономического развития, промышленных парков;

– наличие рабочей силы (трудовые ресурсы в зависимости от численности населения, уровня жизни в данном регионе, уровня заработной платы, квалификации рабочей силы, отношения к труду);

– технологические особенности (территориальная близость предприятий, готовых к развитию кооперативных связей);

– экономическая система (ставка налога, налоговые льготы для определенных регионов, размер арендной платы), а также риски, связанные с политической нестабильностью.

4) природные факторы: структура почвы, климат, вероятность возникновения ЧС и т.д.

На выбор месторасположения тылового терминала оказывает влияние рельеф местности и расположение морского порта – как сильно порт окружен городской застройкой. Терминал должен находиться за городом, чтобы иметь потенциал расширения территории комплекса. Это позволит ограничить движение большегрузного транспорта по городу, чтобы не разрушать дорожное покрытие, уменьшить аварийность на дорогах, а также сократить количество выбросов выхлопных газов в окружающую среду города.

На удаленность тылового терминала от морского порта влияет время доставки груза с терминала в порт и обратно.

Транспортно-логистический комплекс «сухой порт» может включать следующие функционально-организационные группы объектов:

1. Производственные объекты:

1.1. Транспортно-технологическое оборудование:

– погрузочно-выгрузочное оборудование (козловые и мостовые краны, автопогрузчики, грузозахватные устройства и т.д.);

– внутритерминальная техника (роллтрейлеры, мультимодальные поезда, рамные трейлеры);

– вспомогательные сооружения (подкрановые пути, пути проезда и стоянки техники и т.д.).

1.2. Рабочие зоны терминала (площадка приема, сортировки, зона складирования, комплектации, отпуска);

– таможенная зона (инспекционно-досмотровый комплекс, оборудование таможенного досмотра, таможенные участки).

1.3. Объекты административно-хозяйственного назначения:

– административно-бытовой корпус;

– коммунальные службы;

– сервисный центр по обслуживанию терминальной техники и оборудования (ремонтные мастерские, заправочная станция);

– фирма по изготовлению и утилизации тары.

2. Объекты деловой среды:

– представительства крупных фирм;

– офисы компаний-операторов перевозок и экспедиционных фирм;

– офисы и торгово-выставочные помещения;

– гостиничная инфраструктура и предприятия общественного питания;

– финансовое и информационное обслуживание (банки, бизнес-центры);

– офисы страхования, рекламной деятельности, подборки персонала;

– дистрибуционные объекты (лесные биржи, металлобазы, торговые комплексы).

Элементы этой группы объектов многочисленны и многофункциональны, наличие этих объектов – это необходимая составляющая современного логистического рынка. Логистические услуги, предоставляемые этими элементами, будут востребованы клиентами терминала.

3. Обеспечивающая инфраструктура:

3.1. Объекты обслуживания:

– электроподстанции;

– системы освещения, водоснабжения и канализации;

– газ, отопление и вентиляция;

– связь.

3.2. Объекты системы безопасности:

– контрольно-пропускные пункты;

– системы видеонаблюдения;

– системы пожаротушения;

– ограждения и т.п.

4. Информационно-управляющие объекты:

– центр управления («интеллектуальные терминалы»);

– диспетчерские посты;

– телекоммуникационные центры;

– офисы компаний-перевозчиков;

– центр таможенного оформления.

«Интеллектуальные терминалы» оборудованы современной компьютерной и информационной техникой для координации движения транспортных средств, для приема, обработки и передачи информационных потоков. Это позволяет решать

разнообразные вопросы, связанные с транспортировкой, складированием и переработкой грузов.

5. Объекты транспортной инфраструктуры:

5.1. Железнодорожная инфраструктура:

- железнодорожное путевое развитие;
- железнодорожные станции;
- парк железнодорожных путей по назначениям;
- железнодорожные грузовые фронты.

5.2. Автомобильная инфраструктура:

- автомобильные подъездные дороги;
- разворотные и маневровые площадки;
- парковки для легкового и грузового транспорта;
- автотранспортные базы (мойка, техническое обслуживание автотранспорта, автозаправочные станции и т.д.).

Эти составляющие транспортной инфраструктуры создают особый характер застройки, от видов транспорта, участвующих в процессе завоза-вывоза грузов, от количества и протяженности подъездных путей, от интенсивности движения транспортных средств зависит компоновка всех инфраструктурных объектов «сухого порта».

6. Складские объекты:

6.1. Универсальные:

- контейнерный терминал;
- складской комплекс;
- таможенный терминал.

6.2. Специализированные:

- терминал тяжеловесных и крупногабаритных грузов;
- терминал минерально-строительных грузов;
- терминал опасных грузов;
- терминал грузов промышленного назначения;
- рефрижераторный контейнерный терминал;
- терминал средств транспорта;
- терминал лесных грузов.

Объектам складской группы отведена важная роль – сглаживание неравномерностей поступления грузов. Выполняют торговые, перевалочные, распределительные функции. Складские терминалы – это сложнейшие производственные системы, построенные на взаимодействии различных функционально-технологических участков. Складские терминалы функционируют в единое поле с объектами производственной группы.

7. Санитарно-защитные объекты (буферная зона):

- элементы озеленения;
- благоустройство территории;
- трассы подземных инженерных сооружений.

Буферная зона – это своеобразная защитная зона для терминала, она определяет его территориальные границы. Буферная зона – это территориальный разрыв между объектами «сухого порта» и внешней средой. Санитарно-защитная зона определяется вредным воздействием «сухого порта» на окружающую среду.

Каждому элементу объекта свойственна вариативность. Различные сочетания и соотношения этих объектов в процессе организации «сухого порта» определяют разнообразие его архи-

тектурно-планировочных и объемно-пространственных характеристик.

На выбор структурно-планировочных решений к инфраструктуре «сухого порта» оказывает влияние:

- род перерабатываемого грузопотока;
- максимальный среднесуточный объем прибытия и отправления грузов;
- условия хранения и переработки (доля «прямого» варианта);
- тип транспортных средств и интенсивность завоза и вывоза груза;
- размеры и конфигурация земельного участка;
- топографические и местные условия (близость жилой застройки);
- подъемно-транспортное оборудование объектов;
- конфигурация сети дорог;
- количество и протяженность подъездных путей;
- количество и характер, оказываемых логистических услуг на терминале.

При строительстве «сухого порта» необходимо учитывать наличие свободных земельных ресурсов, чтобы была возможность организовать на сопредельной территории индустриальные парки для формирования собственной грузовой базы терминала.

Железнодорожная транспортная инфраструктура включает железнодорожные подходы, сортировочный и накопительный парки. Накопительный парк предназначен для подготовки и накопления как фидерных поездов в адрес морского порта, так и поездов в магистральном направлении. Пропускная способность железнодорожного пути и мощность сортировочного парка должны соответствовать мощности всего грузопотока «сухого порта» в целях согласования магистрального графика движения грузовых поездов и фидерных перевозок с возможностью подачи нужного количества вагонов в порт по заявке порта на подход судна, а также в целях оптимизации плана формирования магистральных поездов.

Складские терминалы должны оказывать стандартный комплекс услуг: прием и выдача грузов, выполнение погрузо-разгрузочных работ, контейнеризация, формирование судовых партий и другие услуги, необходимые для организации и поддержки интермодальных и мультимодальных перевозок, в том числе по технологии «от двери до двери».

Таможенный терминал позволит избежать скопления грузов на причалах порта. Снижение сроков хранения грузов на причалах порта может быть достигнуто с передачей функций по контролю за грузами при пересечении границы на «сухой порт» в необходимом объеме. Предусматривается выполнение операций по таможенному контролю и оформлению внешнеторговых и транзитных грузов, хранению на таможенных складах, по карантинно-санитарному контролю, по сертификации грузов на месте, по обеспечению контроля транспортной безопасности, по оформлению

груза к перевозке или выдаче, по приёму, временному хранению и отгрузке грузов. Универсальный складской комплекс должен обеспечить все необходимые логистические операции, связанные с дистрибуционными услугами (логистическое обслуживание торговых сетей), а также предоставление складских услуг для краткосрочного, длительного хранения грузов, находящихся вне транспортного процесса. Для выполнения дистрибуционных функций терминал должен иметь складские помещения класса А и А+ необходимой площади.

Создание объектов транспортно-логистической инфраструктуры в рамках «сухого порта» позволит:

1. Снизить транспортную и складскую нагрузку на городские территории;
2. Создать современные складские терминалы за пределами городской территории, что приведет к ликвидации устаревших складов, освождению дорогих городских территорий для более эффективных застроек (офисов, гостиниц, деловых центров и др.);
3. Оптимизировать подачи грузов в порты и вывоз грузов с территории портов;
4. Обеспечить координацию и взаимодействие различных видов транспорта и обслуживающих организаций (перевозчики, экспедиторы, фрахтователи, судовые агенты, логистические операторы, органы контроля и т.д.);
5. Предоставлять комплекс сервисных и коммерческих услуг, включая банковское, информационное, консалтинговое, аналитическое обслуживание и другие виды логистического сервиса;
6. Увеличить загрузку инфраструктуры и транспортной отрасли региона в результате привлечения международных грузопотоков;
7. Создать дополнительные рабочие места и привлечь инвестиции в регион, также увеличить налоговые отчисления в бюджет.

Инженерные и технические решения должны учитывать перспективную структуру и объем грузопотока, оптимизировать и ускорить процесс обработки грузов, снизить издержки грузоотправителей при импортно-экспортных и каботажных перевозках, создать рациональную систему складских и перерабатывающих мощностей для хранения грузов.

Транспортно-логистический комплекс типа «сухой порт» со временем должен стать логистическим парком. Преимущество и основное отличие логистического парка заключается в расширенном объеме предоставляемых на его территории складских услуг. Как правило, он состоит не только из складов, но и из дополнительных территорий и помещений, позволяющих производить все логистические операции.

Транспортные технологии с использованием «сухих портов» позволяют увеличить перерабатывающую способность морских портов, обеспечить повышение эффективности перевозочного

процесса, снизить транспортные издержки и инвестиционную нагрузку, обеспечить более быстрый ввод объектов в эксплуатацию, уменьшить вероятность возникновения условий для «брошенных поездов», снизить экологическую нагрузку и загрузку улично-дорожной сети города.

Список литературы

1. Король Р.Г. Понятие и особенности функционирования логистического терминала «сухой порт» // Наука и образование транспорту: Материалы 3 Всероссийской научно-практической конференции (2010; Самара – Пенза). – Самара: СамГУПС, 2010. – 272 с.

2. Король Р.Г. Принципы выбора месторасположения тыловых терминалов «сухих портов» // Инновационные технологии в автоматике, информатике и телекоммуникациях: Сб. тр. Науч.-практ. конф. ученых трансп. вузов, инженерных работников и представителей академической науки с междунар. участием, 11-12 октября / Под ред. О.В. Решетниковой. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2013. – 291 с.

УДК 621.865; 624.154-428

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ ВЫРЫВАНИЯ ИЗ ГРУНТА БУРО-ВИНТОВОЙ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЙ ОПОРЫ СТРОИТЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА ОТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗА

ESTABLISH THE DEPENDENCE TENSION FORCES OF DRILLING SCREW GROUNDING SUPPORT OF CONSTRUCTION ROCKER ON PROCESS PARAMETERS TRAVEL OF LOAD

Ключевые слова: строительный манипулятор, устойчивость, угловая скорость, буро-винтовая заземляющая опора.

Keywords: construction crane, stability, angular velocity, drilling screw grounding support

Аннотация

Рассматривается задача установления зависимости силы вырывания из грунта буро-винтовой заземляющей опоры строительного манипулятора от параметров процесса перемещения груза. Полученная регрессионная зависимость позволяет исследовать функциональные взаимосвязи параметров, которые определяют производительность строительного манипулятора, параметров буро-винтовых заземляющих опор строительного манипулятора, а также параметров их погружения в грунт.

Annotation

The problem of constructing the regression forces pulling out of the drilling screw grounding support construction rocker. Derived regression dependencies, allowing to determine the strength of the pull-out of ground support for movement on critical paths. This opens up the possibility of studying the functional relationships of parameters that determine the performance of the construction rocker, and various parameters of both the drilling screw supports, and the parameters of their immersion in the soil, and the soil properties

Корытов Михаил Сергеевич

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), д-р техн. наук, профессор кафедры «Конструкционные материалы и специальные технологии», тел. (3812) 65-03-18; kms142@mail.ru

Камуз Наталья Александровна

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), инженер кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника»

Задача увеличения производительности строительных манипуляторов (СМ) и уменьшения времени выполнения и стоимости строительных и монтажных работ является актуальной. При использовании известных конструкций СМ ограничением, препятствующим значительному повышению производительности, выступают потеря устойчивости и опрокидывание СМ при возрастании ускорений движения подвижных звеньев, увеличении вылета и массы перемещаемого груза. Известные СМ представляют собой свободно стоящие на выносных опорах механизмы.

При использовании СМ с буро-винтовыми заземляющими опорами появляется перспектива значительного увеличения как массы перемещаемого груза, так и ускорения его перемещения в пространстве.

Необходимо проведение исследований по установлению зависимости силы вырывания из грунта критической (имеющей наименьшее, в том числе отрицательное, значение силы нормальной реакции грунта) опоры от параметров, определяющих производительность работы СМ. К таким параметрам относятся прежде всего масса перемещаемого груза, вылет и ускорение перемещения звеньев СМ.

Наименее благоприятные условия, вызывающие снижение устойчивости, возникают при перемещении СМ груза с максимальными скоростями, т.к. при этом разгон и торможение звеньев на начальном и конечном участках траектории сопровождаются максимальными ускорениями. В то же время не всегда наименьшие значения нормальных реакций на опорах достигаются в периоды разгона и торможения звеньев, т.е. в моменты максимальных ускорений движения.

При принятии ряда допущений по форме задания в имитационной модели СМ управляющих

воздействий на подвижные звенья со стороны привода в виде приведенных ниже выражений (1) – (3) была выявлена однозначная взаимосвязь между минимальными значениями нормальных реакций на опорах и постоянными скоростями изменения задающих (так называемых «равновесных») значений управляемых координат подвижных звеньев СМ, вокруг которых происходят колебания действительных значений управляемых координат.

В качестве исследуемого параметра вместо ускорений звеньев СМ рассматривалась угловая скорость и изменения задающих (так называемых «равновесных») значений управляемых координат подвижных звеньев СМ как имеющая приближенный к реальным условиям эксплуатации физический смысл величина.

Использовался план полного факторного эксперимента, в котором исследовались влияние массы груза $m_{гр}$ и задающей угловой скорости перемещения звеньев СМ ω на величину силы вырывания критической опоры N_{min} при различных траекториях перемещения рабочего органа (РО) с грунтом.

Механическая подсистема СМ включает следующие звенья: 1 – базовое шасси; 2 – поворотная платформа; 3 – стрела; 4 – рукоять; 5 – РО (рис. 1).

Положение механической подсистемы СМ в пространстве задается 11 обобщенными координатами: шестью обобщенными координатами с индексами с 1 до 6 ($q_1 \dots q_6$) положения базового шасси, тремя управляемыми координатами СМ (угол поворота платформы q_7 , угол подъема стрелы q_8 , угол поворота рукояти q_9). Последним поставлены в соответствие числовые индексы 7...9. Угловые координаты q_{10} , и q_{11} определяют ориентацию РО относительно рукояти.

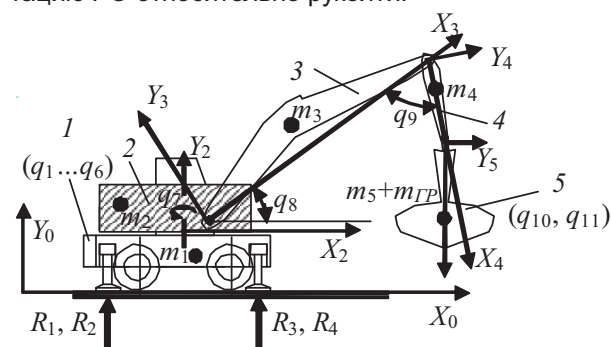


Рис. 1. Механическая подсистема строительного манипулятора

С использованием имитационной модели механической подсистемы СМ в среде MATLAB – Simulink – SimMechanics [1; 2; 3] была проведена серия вычислительных экспериментов с различными значениями варьируемых параметров. В качестве последних выступали конечное значение угла поворота платформы $q_{7к}$ (от 0 до 2,618 рад, шаг 0,5236 рад); начальное значение угла наклона стрелы $q_{8н}$ (от –1,0472 до 1,0472 рад, шаг 0,5236 рад); конечное значение угла наклона стрелы $q_{8к}$

(от $-1,0472$ до $1,0472$ рад, шаг $0,5236$ рад); начальное значение угла поворота рукояти $q_{9н}$ (от 0 до $-2,3562$ рад, шаг $-0,589$ рад); конечное значение угла поворота рукояти $q_{9к}$ (от 0 до $-2,3562$ рад, шаг $-0,589$ рад); угловая скорость перемещения наиболее быстро изменяющейся управляемой обобщенной координаты CM w (от $0,2$ до 1 рад/с, шаг $0,2$ рад/с); масса груза $m_{гп}$ (от 0 до 8000 кг, шаг 2000 кг).

Начальное значение обобщенной управляемой координаты угла поворота поворотной платформы CM $q_{7н}$ принималось равным нулю. В разработанной имитационной модели механической подсистемы CM в среде MATLAB – Simulink – SimMechanics учитывались массы звеньев CM m_i , конструктивные размеры и координаты центров

масс \vec{r}_u ; \vec{r}_{im} ; \vec{r}_j , моменты инерции звеньев J_{ix} ; J_{iy} ; J_{iz} относительно собственных центров масс.

Неуказанные конструктивные параметры соответствовали CM на базе экскаватора ЭО-3322 с грейферным ковшом.

При разработке имитационной модели механической подсистемы CM и проведении описываемой серии экспериментальных исследований был принят ряд допущений:

1) изменение значений управляемых обобщенных координат CM моделируется посредством силовых воздействий на соответствующие угловые шарниры. Момент силы M_i , имитирующей силовое воздействие со стороны привода по отдельной управляемой координате q_i , задавался по линейной зависимости следующим соотношением:

$$M_i = c_i \cdot (q_{i \text{ треб}} - q_{i \text{ факт}}) - b_i \cdot \dot{q}_{i \text{ факт}}, \quad (1)$$

где $q_{i \text{ треб}}$ – известное, изменяющееся по равномерному линейному закону задающее, или так называемое «равновесное» переменное (управляемое) значение обобщенной управляемой координаты $i \in [7;9]$, при совпадении с которым фактического (моделируемого SimMechanics с учетом масс и моментов инерции всех звеньев и упруго-вязких элементов) значения координаты $q_{i \text{ факт}}$ момент упругих сил по координате i становится равен нулю;

c_i – коэффициент жесткости привода, приве-

денный к обобщенной координате i ;

b_i – коэффициент демпфирования привода, приведенный к обобщенной координате i .

2) Временная зависимость задающего, или так называемого «равновесного» значения каждой обобщенной управляемой координаты $q_{i \text{ треб}}(t)$, изменялась по равномерному линейному закону:

$$q_{i \text{ треб}}(t) = q_{iн} + t(q_{iк} - q_{iн})/t_{\text{max}}, \quad (2)$$

$$\text{где } t_{\text{max}} = \max[q_{7к}/w; |(q_{8к} - q_{8н})/w|; |(q_{9к} - q_{9н})/w|]. \quad (3)$$

3) нормальные реакции на опорных элементах CM при имитационном моделировании определялись при помощи соотношений:

$$N_u = c_u \cdot (h_{u \text{ равн}} - h_{u \text{ факт}}) - b_u \cdot \dot{h}_{u \text{ факт}}, \quad (4)$$

где $h_{u \text{ равн}}$ – так называемое «равновесное» значение высотной координаты опоры $u \in [1;4]$, при совпадении с которым фактического (моделируемого приложением SimMechanics с учетом динамики) значения высотной координаты $h_{u \text{ факт}}$ сила упругости по высотной координате u становится равной нулю;

c_u – коэффициент жесткости, приведенный к вертикальной координате опоры u ;

b_u – коэффициент вязкого трения, приведенный к вертикальной координате опоры u .

На рис. 2 приведена 1/6 часть всех исследованных траекторий для фиксированного значения угла поворота платформы $q_{7к} = 2,618$ рад. Каждая из приведенных на рис. 2 траекторий реализовывалась 5×5 раз, по числу всевозможных сочетаний параметров массы груза $m_{гп}$ и задающей угловой скорости w с учетом шагов дискретизации их значений.

Результатом каждого отдельного вычислительного эксперимента по реализации траекторий перемещения являлись временные зависимости сил нормальных реакций на 4 опорных элементах CM $N_u(t)$ (рис. 3).

Приведенные на рис. 3 а примеры зависимостей получены при сочетаниях варьируемых параметров: $q_{7к} = 2,618$ рад; $q_{8н} = -1,0472$ рад; $q_{8к} = 1,0472$ рад; $q_{9н} = 0$ рад; $q_{9к} = -2,3562$ рад; $w = 1$ рад/с; $m_{гп} = 6000$ кг. На рис. 3, б – при $q_{7к} = 2,618$ рад; $q_{8н} = -1,0472$ рад; $q_{8к} = 1,0472$ рад; $q_{9н} = 0$ рад; $q_{9к} = 0$ рад; $w = 0,2$ рад/с; $m_{гп} = 2000$ кг. С целью выявления

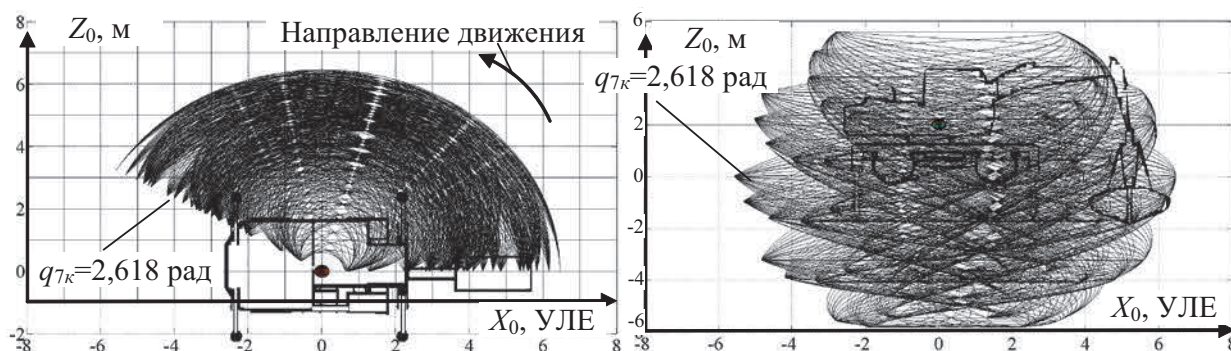


Рис. 2. Часть из реализованных траекторий перемещения рабочего органа строительного манипулятора (примеры) для $q_{7к} = 2,618$ рад

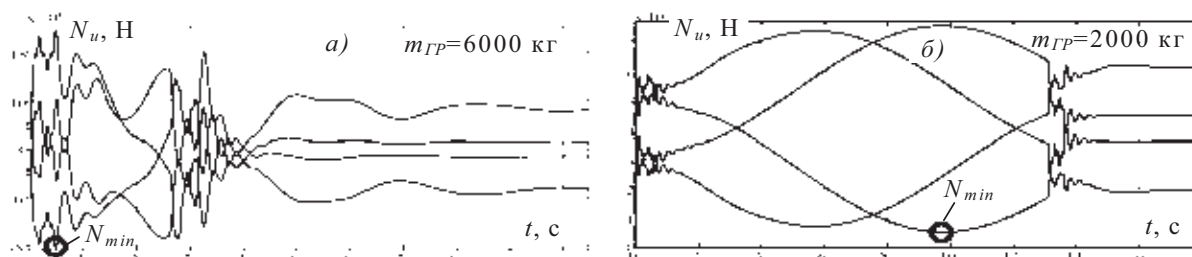


Рис. 3. Примеры временных зависимостей сил нормальных реакций на 4 опорных элементах строительного манипулятора: выделены точки минимальных значений N_{\min} критической опоры

функциональной зависимости наименьшего значения силы нормальной реакции критической опоры $N_{\min}(i_w, i_m)$ от задающего значения скорости перемещения w и массы груза m_{GP} с помощью вложенных циклов и операций последовательного сравнения производился выбор наименьшего среди всех имеющихся (для всех исследованных траекторий) значения N_{\min} при фиксированных w и m_{GP} . При этом сохранялись в массив значения прочих варьируемых параметров, определяющих критическую траекторию ($q_{7к}, q_{8н}, q_{8к}, q_{9н}, q_{9к}$).

Результатом проведенной серии экспериментов явилась полученная функциональная зависимость силы вырывания (нормальной реакции) критической опоры N_{\min} от задающего значения угловой скорости перемещения звеньев СМ w и массы груза m_{GP} (рис. 4), а также соответствующая ей регрессионная зависимость N_{\min} от w и m_{GP} .

Для каждого сочетания значений главных влияющих параметров w и m_{GP} минимальное значение нормальной реакции на критической опоре будет достигаться при различных, так называемых

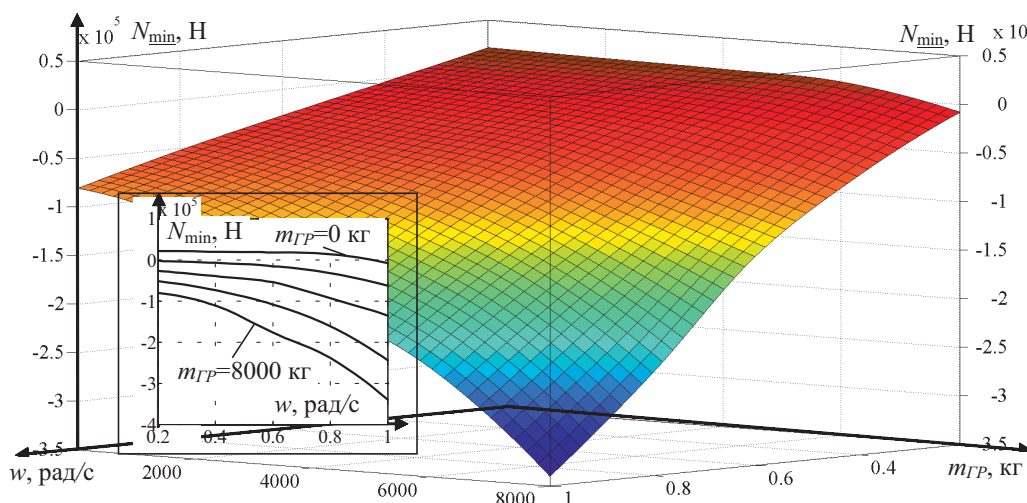


Рис. 4. Поверхность функциональной зависимости минимальной силы нормальной реакции на критической опоре шасси строительного манипулятора от массы груза и скорости перемещения подвижных звеньев строительного манипулятора (результаты вычислительного эксперимента)

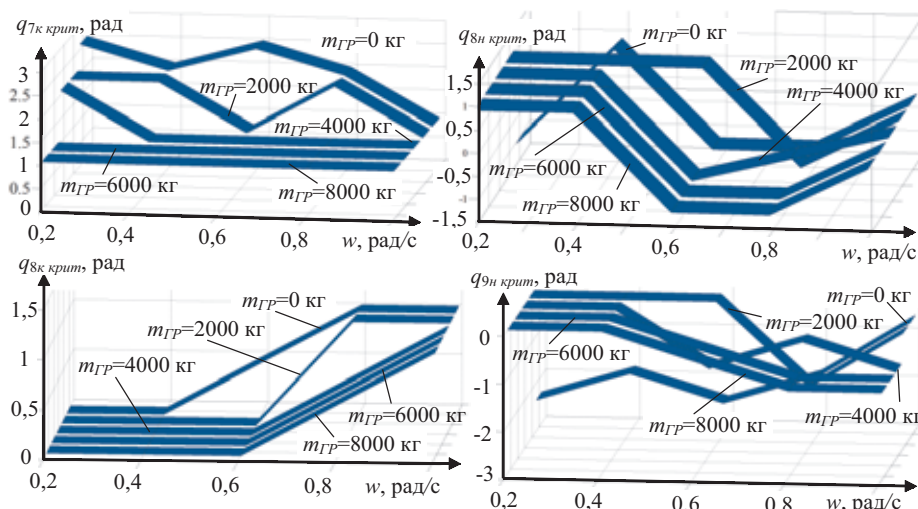


Рис. 5. Переменные критические или экстремальные значения параметров $q_{7к\text{ крит}}, q_{8н\text{ крит}}, q_{8к\text{ крит}}, q_{9н\text{ крит}}$ для всевозможных сочетаний главных влияющих параметров w и m_{GP} с принятыми шагами дискретизации ($q_{9к\text{ крит}}$ равно нулю для всех сочетаний)

критических или экстремальных значениях прочих варьируемых параметров второго уровня значимости ($q_{7к\text{ крит}}$, $q_{8н\text{ крит}}$, $q_{8к\text{ крит}}$, $q_{9н\text{ крит}}$, $q_{9к\text{ крит}}$), т.е. при реализации различных экстремальных траекторий, что иллюстрируют рис. 5 и 6.

Заключительным этапом проведенных исследований являлось получение регрессионной зависи-

мости N_{\min} от w и $m_{ГР}$. Наиболее простая зависимость в виде полинома в степенях [0; 1; 2; 3] с максимальной приведенной относительной погрешностью аппроксимации не более 2% имеет вид:

$$N_{\min} = b_1 + b_2 \cdot w + b_3 \cdot m_{ГР} + b_4 \cdot w^2 + b_5 \cdot m_{ГР}^2 + b_6 \cdot w^3 + b_7 \cdot w \cdot m_{ГР} + b_8 \cdot w^2 \cdot m_{ГР} + b_9 \cdot w \cdot m_{ГР}^2 + b_{10} \cdot w^2 \cdot m_{ГР}^2. \quad (5)$$

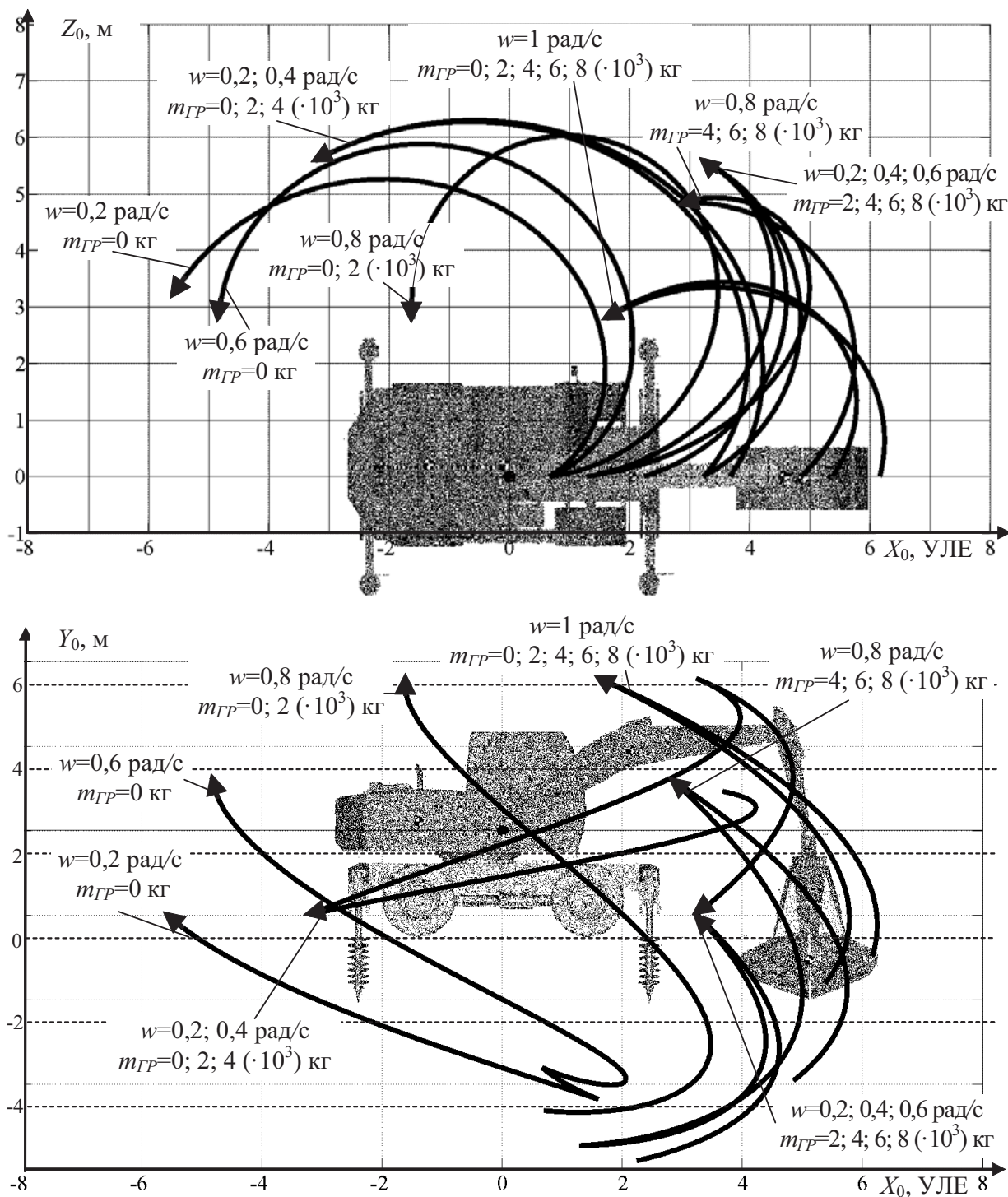


Рис. 6. Выборка экстремальных траекторий перемещения нижней кромки рабочего органа строительного манипулятора во внешнем трехмерном пространстве в инерциальной системе координат, соответствующих критическим значениям варьируемых параметров второго уровня значимости ($q_{7к\text{ крит}}$, $q_{8н\text{ крит}}$, $q_{8к\text{ крит}}$, $q_{9н\text{ крит}}$, $q_{9к\text{ крит}}$) для всех сочетаний главных варьируемых параметров w и $m_{ГР}$

Коэффициенты уравнения регрессии равны:
 $b_i = [27426,0150 - 54823,9505 -$
 $-12,8927023 \ 134146,781 \ 0,000378860 -$
 $-111795,361 \ 12,3257786 - 25,631782 -$
 $-0,00257460 \ 0,00018522].$ (6)

Регрессионные модели в целом значимы. Все коэффициенты уравнения регрессии величины N_{\min} согласно t -статистике Стьюдента значимы. Максимальная приведенная относительная погрешность аппроксимации δ_{\max} во всем рассматриваемом диапазоне изменения предикторов не превышает 1,97%.

Полученная регрессионная зависимость $N_{\min} = f(w, m_{гр})$ открывает возможность исследования функциональных взаимосвязей параметров, определяющих производительность СМ ($w, m_{гр}$), и различных параметров как самих буро-винтовых заземляющих опор СМ, так и параметров их погружения в грунт, а также свойств грунта.

Список литературы

1. Корытов М.С., Щербаков В.С., Руппель А.А. и др. Моделирование и визуализация движений механических систем в MATLAB: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СиБАДИ, 2007. – 84с.
2. Щербаков В.С., Корытов М.С., Зырянова С.А. Использование нормальных реакций в опорных элементах автокрана для определения угла поворота платформы // Вестник СиБАДИ. – 2006. – Вып. 4. – С. 66-68.
3. Щербаков В.С., Корытов М.С., Коткин С.В. Методика решения обратной кинематической задачи грузоподъемного крана // Вестник СиБАДИ. – 2011. – № 2 (20). – С. 71-76.

УДК 621.432.3-044.382

ФОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСА РЕМОНТНЫХ РАБОТ ДВИГАТЕЛЯ ЯМЗ-240 ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МНОГОМЕРНОЙ ТАКСОНОМИИ

THE FORMATION OF THE RATIONAL STRUCTURE OF THE COMPLEX REPAIR OF ENGINE YMZ-240 ON THE RESULTS OF MULTIDIMENSIONAL TAXONOMY

Ключевые слова: многомерная таксономия, кластерный анализ, комплекс ремонтных работ, предремонтное диагностирование, ремонт по техническому состоянию.

Keywords: multidimensional taxonomy, cluster analysis, complex repair works, pre-repair diagnostics, repair on a technical condition.

Аннотация

Статья включает в себя результаты экспериментальных исследований, на основании которых сформирована исходная совокупность диагностических параметров, которые использо-

вались при формировании комплексов ремонтных работ двигателя ЯМЗ-240. В статье рассмотрен пример двухмерной реализации оптимизационных расчетов по двум параметрам, характеризующим техническое состояние, соответственно, ЦПГ и КШМ двигателя.

Annotation

The article includes the results of experimental researches on the basis of which formed the original set of diagnostic parameters that were used in the formation of complexes of repairs of engine YMZ-240. In the article the two-dimensional example of the implementation of the optimization calculations on two parameters characterizing technical condition, respectively, CPG and CRG engine.

Попцов Виктор Вадимович

Тюменский государственный нефтегазовый университет, доцент, канд. техн. наук

Кравченко Светлана Викторовна

Тюменский государственный нефтегазовый университет, ассистент

Шуплецова Виктория Евгеньевна

Тюменский государственный нефтегазовый университет, студент,
 тел. 8(3452) 41-68-65; svetlana1@tsogu.ru

В ходе экспериментальных исследований сформирована исходная совокупность контрольно-диагностических операций, средств контроля элементов двигателя в процессе его ремонта, а также сбор сведений о физических и стоимостных параметрах контрольно-диагностического и технологического оборудования. Эти данные использовались в дальнейшем при обосновании числа и состава комплекса ремонтных работ.

При разработке методического и метрологического обеспечения экспериментальных исследований была сформирована структурно-следственная модель двигателя как объекта контроля, осуществлен выбор подлежащих анализу средств определения технического состояния составных частей двигателей на разных этапах диагностирования; произведено планирование числа объектов наблюдений.

Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований позволила оценить стохастические взаимосвязи между диагностическими, структурными и размерными параметрами двигателей.

Окончательное формирование исходной совокупности контролируемых в процессе разборки параметров проводилось путем разложения общей дисперсии функции отклика в соответствующей регрессионной зависимости на две составляющие: часть общей дисперсии, объясняемую влиянием рассматриваемого параметра, и часть общей дисперсии, объясняемую влиянием неучтенных факторов.

Окончательное решение о включении параметра в исходную совокупность принималось, если вторая составляющая не превышала первую.

Таким образом, по результатам эксперимен-

тальных исследований в исходную совокупность вошли 7 диагностических, 8 структурных и 11 размерных параметров.

Поскольку результаты многомерной таксономии невозможно проиллюстрировать наглядно графическим материалом, в статье рассмотрен пример двумерной реализации оптимизационных расчетов по двум параметрам Z_2 и Z_3 , характеризующим техническое состояние, соответственно, ЦПГ и КШМ двигателя.

Для наглядности используем лишь два классификационных признака: значение утечек воздуха в ВМТ (параметр Z_2) и давление масла в главной масляной магистрали (параметр Z_3).

В сводке параметров по тридцати семи продиагностированным в процессе экспериментальных исследований двигателям ЯМЗ-240 наряду с абсолютными значениями показателей приведены и относительные (нормированные) значения параметров и их стоимостные эквиваленты. Исполь-

зовались также сведения о ресурсе двигателя в километрах пробега и мото-часах наработки.

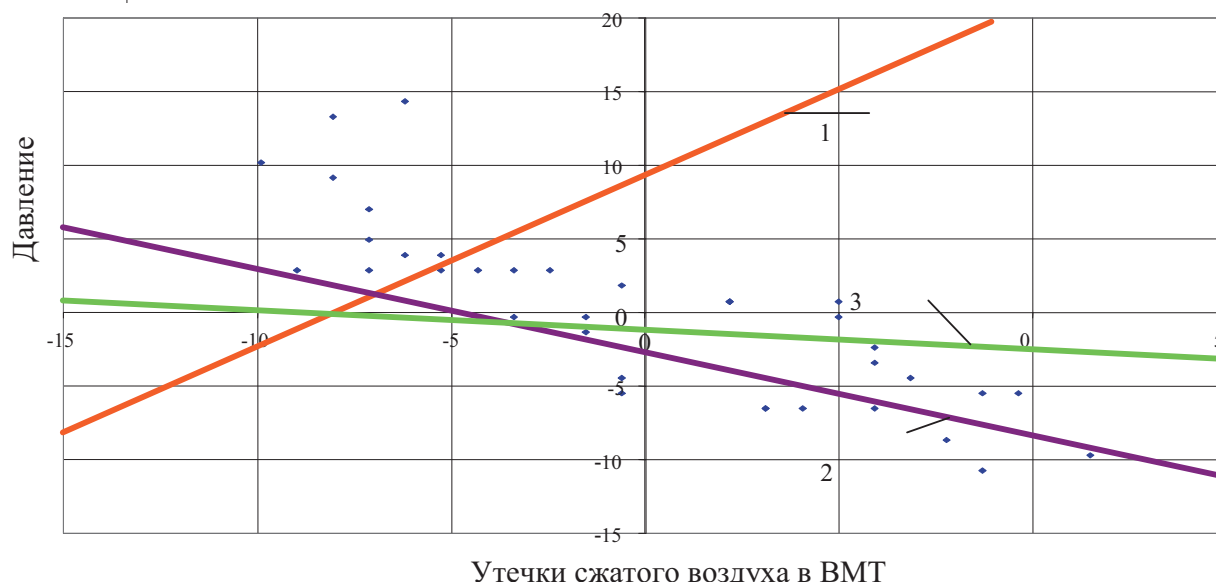
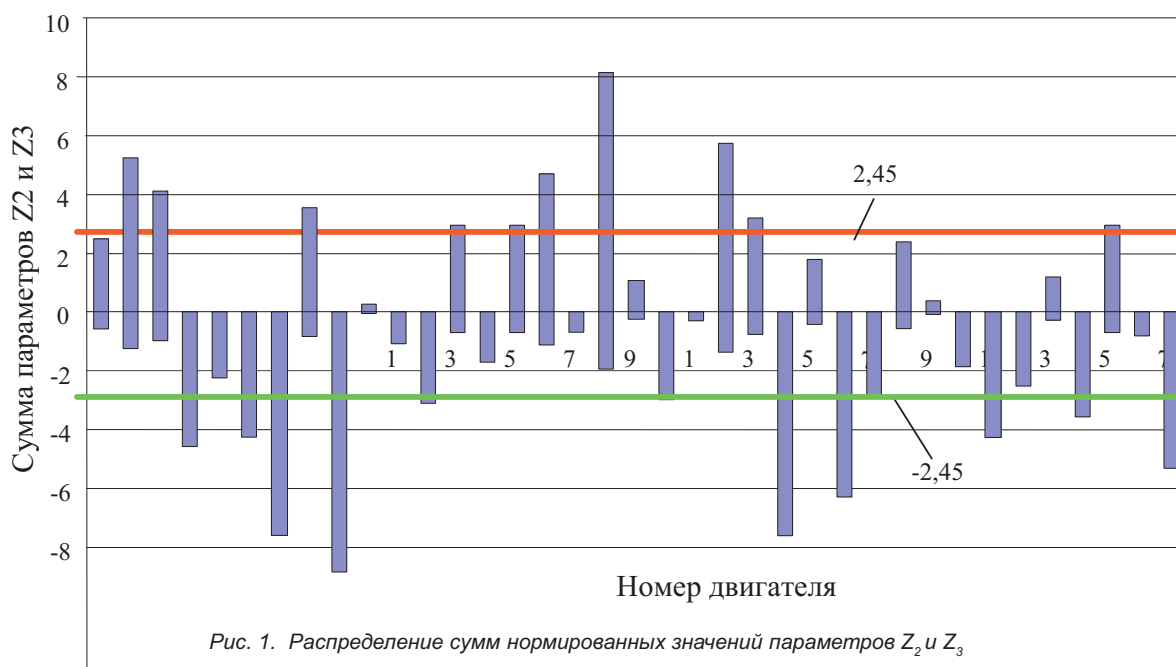
Разделим все двигатели на три категории, т.е. примем $k = 3$. Рассчитываем значения манхэттенской метрики d_H – алгебраическую сумму данных.

Те агрегаты, для которых $d_H < -2,45$, отнесем к 1-й категории; те, для которых $d_H > 2,45$ – к 3-й, остальные – ко 2-й.

Результаты расчетов представлены в графическом виде на рис. 1.

Заметим, что коэффициент корреляции между значениями d_H и наработкой равен $-0,685$, что свидетельствует о зависимости, близкой к обратной пропорциональности: чем больше M (т.е. чем ниже сумма значений параметров давления масла и утечки воздуха), тем меньше наработка двигателя, тем дешевле его ремонт.

Представим полученные данные в виде графика на рис. 2, считая относительное значение утечек сжатого воздуха в ВМТ координатой X , а



значение давления масла – координатой Y.

Поскольку пространство признаков в нашем примере двумерно, разделяющая поверхность превращается в линию, уравнение которой имеет вид (прямая 1 на рис. 2):

$$Ax + By + C = 0. \quad (1)$$

$$\text{Здесь } A = x_2 + x_1, \quad B = y_2 - y_1,$$

$$C = -0,5 (x_2^2 + y_2^2 - x_1^2 - y_1^2), \quad (2)$$

где x_1, y_1, x_2, y_2 – координаты центров группирования разделяемых категорий.

Если подставить в уравнение (1) с коэффициентами A1, B1 и C1 координаты точек 1-й категории, то результаты вычислений будут отрицательными. При подстановке координат точек 2-й и 3-й категорий результаты положительны. Это свидетельствует о правильности уравнения (1).

Теперь разделим категории 2 и 3. Проведем вычисления с координатами центров по формулам (2), найдем коэффициенты A2, B2 и C2 (прямая 3 на рис. 3). Результаты проверки свидетельствуют о том, что шесть двигателей классифицированы неверно. Процент ошибочной классификации оказывается равным $(6/37) \times 100 = 16,29$ и не может быть признан удовлетворительным.

В конечном итоге, итерационный процесс позволил подобрать линейную функцию, имеющую ошибку классификации $e = 0,0019$. Таким образом, процесс оптимизации для S_k^0 при $k = 3$ закончен.

Проведенные исследования показали, что наибольшей эффективностью при решении задач формирования гибких технологических процессов обладает аппарат многомерной таксономии, в частности кластерный анализ. Причем для обеспечения достаточной адаптивности формирования технологических процессов ЦРТС может быть использована информация, получаемая на этапе предремонтного диагностирования поступающих в ремонт агрегатов.

В отличие от ранее выполненных исследований число и состав КРП не определяется заранее, а формируется для каждой поступившей в ремонт партии агрегатов с использованием разработанной компьютерной технологии. Эвристические процедуры априорного разделения партий ремонтного фонда на категории используются не для получения окончательного решения, а для сокращения объема вычислений и нахождения окончательно решения за наименьшее число шагов.

Список литературы

1. Барзилович Е.О., Воскобоев В.Ф. Эксплуатация авиационных систем по состоянию. (Элементы теории). – М.: Транспорт, 1981. – 197 с.
2. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в науке и технике. – Т. 2. Методы планирования эксперимента / Пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 516 с.
3. Красовский В.Н. Особенности оценки технического состояния двигателей при их разборке в условиях централизованного ремонта. Дис. ...канд. техн. наук. – М., 1987. – 202 с.

УДК 62-05

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

ANALYSIS OF METHODS OF THE ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL CONDITION OF OPERATORS OF PROCESSING EQUIPMENT OF THE ENTERPRISES OF THE MOTOR TRANSPORT

Ключевые слова: оператор, технологическое оборудование, состояние, функциональное.

Keywords: operator, processing equipment, state, functional.

Аннотация

Изложены результаты анализа основных методов оценки функционального состояния человека в ходе трудовой деятельности. Выявлено, что наиболее пригодным для оценки степени тяжести умственного труда являются психологические показатели.

Annotation

Results of the analysis of the main methods of an assessment of a functional condition of the person are stated during work. It is revealed that the most suitable for an assessment of severity of brainwork are psychological indicators.

Овсянников Виктор Евгеньевич

Курганский государственный университет,
магистрант кафедры «Автомобильный
транспорт и сервис»
тел. (3522) 41-10-12; panz12@rambler.ru

Функциональное состояние оператора – интегральный комплекс характеристик, функций и качеств человека, которые прямо или косвенно обуславливают выполнение деятельности [1]. Параметры функционального состояния характеризуют степень работоспособности и воздействие рабочей среды на организм человека.

Контроль параметров функционального состояния оператора осуществляется в трех формах [1]:

- предстартовый контроль при определении возможностей допуска специалистов к работе и в

целях прогнозирования надежности их деятельности;

- оперативный контроль в целях диагностики наличных характеристик функционального состояния и работоспособности оператора в процессе работы;

- динамический контроль после окончания работ в целях исследования особенностей восстановительного периода.

В нашем случае наибольший интерес представляет оперативный контроль ввиду того, что требуется оценить влияние технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта на параметры работоспособности оператора.

К наиболее широко используемым методам оценки функционального состояния операторов относятся физиологические (измерение давления, пульса и т.д.), психофизиологические (функции анализаторов), психологические (внимание и т.д.), а также прямая оценка работоспособности (измерение количества ошибок и т.д.) [1].

Исследования, в которых объектом является человек, всегда требуют особого методического обеспечения и планирования. Для каждой конкретной профессии и рабочего места существуют специальные требования к методикам исследования. При решении задачи оценки функционального состояния и работоспособности оператора следует отметить то, что данные параметры обладают высокой динамикой, например, легкий отдых в случае невысокой интенсивности труда может привести к нормализации состояния, т.е. возврату к состоянию до начала работы показателей дыхательной, сердечнососудистой, двигательной систем. Однако при этом существенно меняются психофизиологические показатели. Следовательно, одним из главных требований при выборе методики определения функционального состояния оператора является возможность производить оценку без отвлечения от деятельности.

Второе требование к методике натурных экспериментов – скорость реализации. Данное требование обуславливается изложенными выше свойствами восстановления измеряемых параметров. Как правило, время проведения каждой функциональной пробы не должно быть более 3-5 минут.

В одном исследовании может применяться несколько методик. Их набор может быть обусловлен результатами предварительных исследований деятельности оператора либо конкретной задачей.

Оценивая применимость перечисленных выше методов оценки функционального состояния оператора, можно отметить следующее:

1. Использовать физиологические показатели нецелесообразно вследствие того, что для их определения требуется сложное оборудование, которое в большинстве случаев нельзя использовать вне специализированных помещений и без

привлечения квалифицированных специалистов;

2. Прямая оценка работоспособности также малоприменима ввиду того, что проведение испытаний с последующим определением точности и безошибочности работы оператора весьма затратительная процедура;

3. Наиболее перспективным является использование психологических показателей, т.к. их определение не вызывает больших затруднений, не требует специальных средств и имеется возможность оценивать состояние оператора на основе моделирования его деятельности.

Одним из наиболее широко используемых методов оценки психологических показателей является оценка уровня внимания при помощи таблиц Шульте [3]. Методика «Таблицы Шульте» обеспечивает определение устойчивости внимания и динамики работоспособности, а также эффективность работы, степень встраиваемости внимания.

Использование подобных методик позволяет оперативно и с достаточно высокой степенью достоверности оценивать функциональное состояние операторов технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта на стадии проектирования, основываясь на моделировании деятельности.

Список литературы

1. Нерсисян Л.С., Бухерзон Е.Г., Зазыкин В.Г. О прогнозировании готовности к экстренному действию операторов в состоянии утомления // Проблемы инженерной психологии: Тез. 6 Всесоюз. конф. по инженерной психологии. - Л., 1984. - с. 98-102.
2. Горшков С.И., Золина З.М., Мойкин Ю.В. Основы инженерной психологии: Учебник для вузов. - М.: Академический проект, 2002. - 576 с.
3. Душков Б.А. Численные методы. - М.: Высш. шк., 2001. - 381 с.

УДК 534.64, 629.12

РАСЧЕТ ДОЛГОВЕЧНОСТИ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ПРОЦЕССЕ НАГРУЖЕНИЯ

CALCULATION OF DURABILITY OF ELASTIC ELEMENTS OF A SUSPENSION UNDER NONSTATIONARY PROCESS OF LOADING

Ключевые слова: квазистационарный процесс, дисперсия напряжений, закон распределения, предел выносливости, долговечность, рессора, упругий элемент.

Keywords: quasi-stationary process, dispersion

stress, distribution law, the limit of endurance, durability, spring, elastic element.

Аннотация

Предлагается метод оценки долговечности упругих элементов подвески автомобиля. Метод учитывает вероятность эксплуатации автомобиля по различным типам дорог. Нестационарный процесс нагружения упругих элементов рассматривается отдельными реализациями ограниченной протяженности гауссовских процессов, т.е. в виде квазистационарного случайного процесса.

Annotation

Method of estimation of durability of elastic elements of a suspension. The method takes into account the probability of driving on various road types. Non-stationary process of loading of elastic elements is considered a separate implementations limited extent Gaussian processes, i.e. in the form of quasi-stationary random process.

Парышев Дмитрий Николаевич

ЗАО «Курганстальмост»,
генеральный директор, действительный член РАТ,
contact@kurganstalmost.ru

Харин Валерий Васильевич

Курганский институт
железнодорожного транспорта,
зам. директора по

научной работе и инновационному развитию,
действительный член РАТ, uralakademia@mail.ru

Копырин Владимир Иванович

ЗАО «Курганстальмост», технический директор,
канд. техн. наук; contact@kurganstalmost.ru

Остапчук Александр Константинович

Курганский институт
железнодорожного транспорта,
доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой ОПД,
uralakademia@mail.ru

Кузнецова Елена Михайловна

Курганский институт железнодорожного
транспорта,
начальник научно-исследовательского и
редакционно-издательского отдела,
nirio-kigt@mail.ru

Реальная эксплуатация автомобиля характеризуется широким диапазоном изменения параметров, непосредственно влияющих на случайные процессы. Математическими моделями многих практически важных случайных процессов в автомобиле, содержащих в себе элементы неопределенности условий эксплуатации, с разумной степенью приближения могут служить стационарные процессы. Так, это понятие полезно, если речь идет о колебаниях движущегося с постоянной скоростью автомобиля по однородному участку дороги.

Но реальные условия эксплуатации связаны с движением автомобиля по неоднородным участкам протяженной дороги с переменной скоростью. Разумно предположить, что неоднородность микропрофиля отдельных участков дороги и обуслов-

ленное этим непостоянство скорости движения автомобиля приводят к тому, что при его эксплуатации процесс колебаний, в том числе процесс нагружения упругих элементов подвески, приобретает нестационарный характер.

Такой числовой (или векторный) случайный процесс $z(t), t \in T \subseteq R$ – квазистационарный процесс, если его последовательности на неперекрывающихся отрезках времени почти независимы и представлены ограниченной длительностью стационарных процессов.

В рамках такой модели движения автомобиля по участку дороги определенного типа большой протяженности порождает совокупность реализаций квазистационарных случайных процессов $z_i(t)$ – деформаций упругих элементов, напряжений в них, ускорений автомобиля и т.д.

Предположим, что автомобильные дороги разбиты на ряд типов и установлена вероятность эксплуатации автомобиля по дороге каждого типа $P_q (q = \overline{1, Q})$, а также найдено распределение

оценки дисперсии напряжений в рессоре $\hat{\sigma}_t^2$, которое может быть задано статистическим рядом (гистограммой) $P_i, \hat{\sigma}_{ti}^2$ или дифференциальным

законом распределения $f_{qk}(\hat{\sigma}_t^2)$ для каждого типа дорог при ряде фиксированных значений веса подпрессоренной части автомобиля $G_k (k = \overline{1, K})$. Например, на рис. 1 приведены гистограммы оценки дисперсии напряжений в коренном листе передней рессоры автобуса КАВЗ-39762 для асфальтированной, грунтовой профилированной и грунтовой непрофилированной дорог соответственно при среднем значении подпрессоренной массы и при произвольном выборе водителями скорости движения автобуса.

Время движения автомобиля до усталостного разрушения рессоры при стационарном процессе нагружения T будет зависеть от дисперсии напряжений в металле рессоры σ_t^2 , числа циклов нагружения в единицу времени n и от веса подпрессоренной части автомобиля G , который определяет статическое напряжение в металла рессоры, а следовательно, и асимметрию циклов нагружения: $T = T(\sigma_t^2, n, G)$.

Известно, что долговечность рессоры в смешанных условиях эксплуатации автомобиля можно рассчитать по формуле:

$$T = \frac{1}{\sum_{i=1}^N P_i / T_i}, \quad (1)$$

где P_i – доля времени эксплуатации автомобиля при i -м режиме;

T_i – долговечность рессоры при i -м режиме эксплуатации автомобиля.

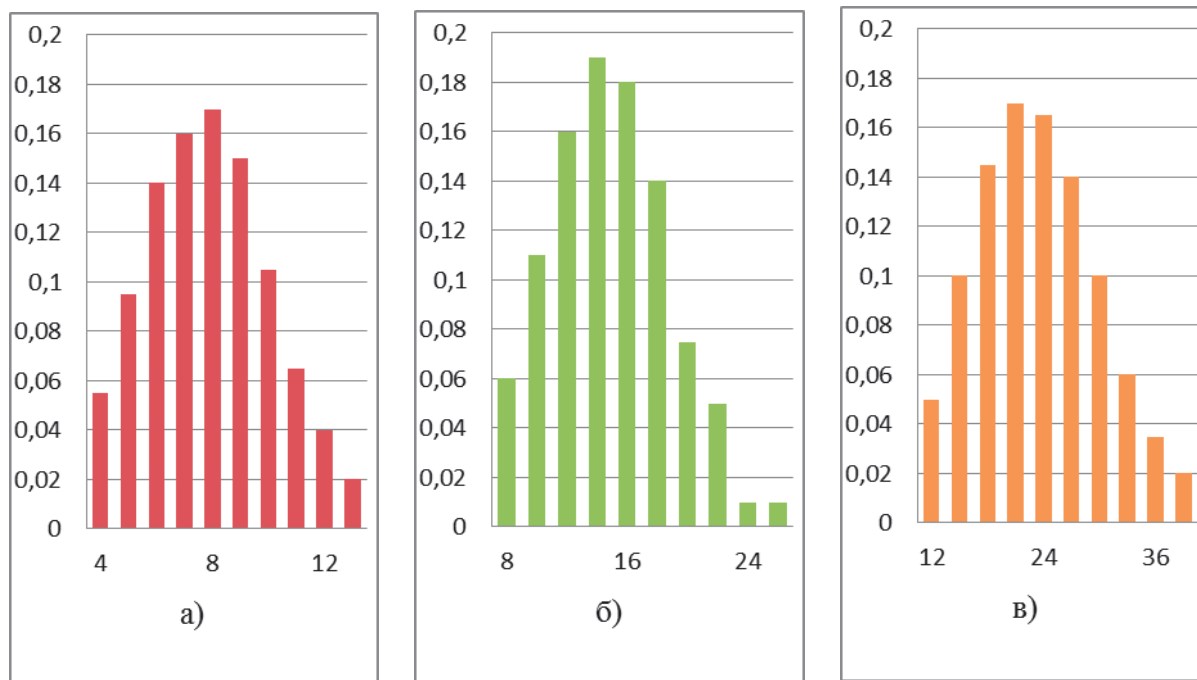


Рис. 1. Гистограммы оценок дисперсий напряжений (МПа)² в рессоре автобуса КАВ3-39769
а) при движении по асфальтированной дороге; б) по грунтовой профилированной дороге;
в) по грунтовой непрофилированной дороге.

Используя выражение (1), определяем долговечность рессоры при эксплуатации автомобиля на дороге определенного типа q для фиксированного значения веса поддрессоренной части. При этом используется гистограмма дисперсии напряжений $\sigma_{\tau i}^2$, а n принимается равным собственной частоте колебаний поддрессоренной массы, выраженной в герцах. С учетом того, что $T_i = T(\sigma_{\tau i}, n, G_k)$, формула (1) примет вид:

$$T_{qk} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{P_i}{T(\sigma_{\tau i}, n, G_k)}}.$$

Если распределение дисперсии σ_{τ}^2 задано дифференциальным законом, то с учетом того, что $P_i = f(\sigma_{\tau i}^2) d\sigma_{\tau i}^2$, формула (1) примет вид:

$$T_{qk} = \frac{1}{\int_0^{\infty} \frac{f_{qk}(\sigma_{\tau}^2)}{T(\sigma_{\tau}^2, n, G_k)} d\sigma_{\tau}^2}.$$

В случае, если распределение веса поддрессоренной части автомобиля задано статистическим рядом (гистограммой) P_k, G_k , то на основании зависимости (1) долговечность рессоры при эксплуатации автомобиля на дороге определенного типа q запишется соотношением:

$$T_q = \frac{1}{\sum_{k=1}^N \frac{P_k}{T_{qk}}}.$$

Зная среднюю скорость движения \tilde{V}_q автомобиля по дороге заданного типа q , можно определить пробег автомобиля, соответствующий времени T_q :

$$L_q = \tilde{V}_q \cdot T_q.$$

При известной вероятности $P_q (q = \overline{1, Q})$ пробег автомобиля до усталостного разрушения рессоры с учетом многообразия условий эксплуатации:

$$L = \frac{1}{\sum_{q=1}^Q \frac{P_q}{L_q}} = \frac{1}{\sum_{q=1}^Q \sum_{k=1}^K P_q P_k \int_{(\sigma_{\tau}^2)} \frac{f_{qk}(\sigma_{\tau}^2)}{\tilde{V}_q T(\sigma_{\tau}^2, n, G_k)} d\sigma_{\tau}^2}.$$

Принято считать, что в настоящее время в качестве зависимости $T = T(\sigma_\tau^2, n, G_k)$ наиболее применимо выражение:

$$T = \frac{\alpha \tau_{-1r}^m N_0}{n \int_{\tau_{min}}^{\tau_{max}} \tau^m \varphi(\tau) d\tau},$$

где α – параметр прочности;

τ_{-1r} – предел выносливости при асимметричных циклах нагружения;

N_0 – базовое число циклов;

m – параметр кривой усталости;

τ_{min}, τ_{max} – нижний и верхний пределы интегрирования;

$\varphi(\tau)$ – плотность распределения амплитуд τ

в рессоре (учитывается, что $\tau_{-1r}, \tau_{min}, \tau_{max}$ зависят от G).

Для узкополосного гаусовского случайного стационарного процесса амплитуды напряжений имеют распределение Рэлея.

$$\varphi(\tau) = \frac{\tau}{\sigma_\tau^2} \exp - \frac{\tau^2}{2\sigma_\tau^2},$$

где σ_τ^2 – дисперсия напряжений в рессоре.

На стадии проектирования подвески удобно оперировать не напряжениями τ , а относительными перемещениями подрессоренной и неподрессоренной масс δ . При этом приведенными формулами можно воспользоваться, если сделать замену $\tau = \chi \delta$, где χ – удельное напряжение, зависящее от конструкции рессоры.

Распределение амплитуд напряжений при квазистационарном процессе нагружения рессоры можно определить из следующих соображений. Если известен условный закон распределения амплитуд напряжений (при условии, что дисперсия напряжений примет конкретное значение σ_τ^2)

$\varphi_1(\tau/\sigma_\tau^2)$ и определен закон распределения

самой дисперсии σ_τ^2 (оценки дисперсии $\hat{\sigma}_\tau^2$)

$f(\sigma_\tau^2)$, то безусловный закон распределения амплитуд напряжений с учетом случайности величины σ_τ^2 можно рассчитать, используя извест-

ное в теории вероятности выражение:

$$\varphi(\tau) = \int_0^\infty f(\sigma_\tau^2) \varphi_1(\tau/\sigma_\tau^2) d\sigma_\tau^2.$$

В частном случае, если условный закон распределения амплитуд является Рэлеевским, а рас-

пределение оценки дисперсии σ_τ^2 при движении

автомобиля по дороге определенного типа – нормальным, то закон распределения амплитуд напряжений в рессоре при движении автомобиля по дороге этого типа будет иметь вид:

$$\varphi(\tau) = \frac{1}{\sqrt{2\pi D}} \int_0^\infty \frac{\tau}{\sigma_\tau^2} \exp \left\{ - \left[\frac{\tau^2}{2\sigma_\tau^2} + \frac{(\sigma_\tau^2 - M^2)}{2D} \right] \right\} d\sigma_\tau^2,$$

где D и M – дисперсия и математическое ожи-

дание дисперсии напряжений в рессоре σ_τ^2

В качестве примера рассчитана долговечность передней рессоры автобуса КАВЗ-39769 при среднем значении веса подрессоренной массы. Пробег до усталостного разрушения равен 98 000 километров. При расчетах использовался нормальный закон распределения оценки дисперсии напряжений в рессоре при движении автобуса по каждому из трех типов дорог (асфальтированная дорога – $q=1$; грунтовая профилированная дорога – $q=2$; грунтовая непрофилированная дорога – $q=3$). Параметры законов распределения оценки дисперсии вычислены с использованием гистограмм, приведенных на рис. 1. Средние скорости

\tilde{V}_q движения автобуса по трем типам дорог со-

ставляют $\tilde{V}_1 = 65$ км/ч; $\tilde{V}_2 = 45$ км/ч;

$\tilde{V}_3 = 27$ км/ч. Вероятности эксплуатации авто-

буса на этих дорогах равны: $P_1 = 0,36$; $P_2 = 0,49$;

$P_3 = 0,15$. Долговечности L_q рессоры при эксплу-

атации на каждом из трех типов дорог равны

$L_1 = 1120$ тыс. км; $L_2 = 114$ тыс. км;

$L_3 = 27$ тыс. км. Параметры кривой усталости

для передней и задней рессоры автобуса КАВЗ-

4238: $\tau_{-1r} = 80$ МПа; $m = 2,3$; $N = 3,4 \cdot 10^6$. При

расчетах было принято $\alpha = 1$, $\tau_{min} = \tau_{-1r}$.

Список литературы

1. Терехов А.С., Харин В.В., Ажмегов В.Ф. Элементы анализа статистики случайных процессов колебаний автомобиля // Вестник Российской Академии транспорта. Уральское межрегиональное отделение. – Курган: Изд-во КГУ, 1999. – С. 4-8.

2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

3. Динамика системы «дорога – шина – автомобиль – водитель» / Под общ. ред. А.А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 534с.

УДК 534.64, 629.12

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТИНУУМА ОТДЕЛЬНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ КОЛЕБАНИЙ АВТОМОБИЛЯ

ANALYSIS OF THE STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE CONTINUUM SEPARATE IMPLEMENTATIONS OF OSCILLATIONS OF THE VEHICLE

Ключевые слова: реализация, дисперсия, выборка, случайная величина, математическое ожидание, доверительный интервал, закон распределения.

Keywords: implementation, variance, sample, a random variable, mathematical expectation, confidence interval, distribution law.

Аннотация

Рассматривается метод оценки влияния колебаний на скорость движения автомобиля с использованием уравнений регрессии. Параметрами уравнения регрессии принимаются значения оценок условных дисперсий, которые являются статистическими характеристиками реализаций случайного квазистационарного процесса. Статистическая связь между ансамблем (континуумом) оценок условных дисперсий процесса колебаний автомобиля устанавливалась выборочными коэффициентами корреляции.

Annotation

The method of assessing the impact of fluctuations in the speed of the vehicle with the use of regression equations. The regression coefficients are accepted values estimated conditional variance, which are statistical characteristics implementations quasi-stationary random process. The statistical link between ensemble (a continuum) of the estimated conditional variance of oscillations of a car you installed the sample correlation coefficients.

Парышев Дмитрий Николаевич

ЗАО «Курганстальмост»,
генеральный директор, действительный член ПАТ,
contact@kurganstalmost.ru

Харин Валерий Васильевич

Курганский институт
железнодорожного транспорта,
зам. директора по
научной работе и инновационному развитию,
действительный член ПАТ, uralakademia@mail.ru

Копырин Владимир Иванович

ЗАО «Курганстальмост», технический директор,
канд.техн.наук; contact@kurganstalmost.ru

Остапчук Александр Константинович

Курганский институт
железнодорожного транспорта,
доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой ОПД,
uralakademia@mail.ru

Кузнецова Елена Михайловна

Курганский институт железнодорожного
транспорта,
начальник научно-исследовательского и
редакционно-издательского отдела,
nirio-kigt@mail.ru

При движении автомобиля по участку дороги определенного типа большой протяженности его колебания можно представить совокупностью реализации квазистационарных случайных процессов $z_i(t)$, где $z_i(t)$ – зависимости во времени

ускорений поддрессоренной, неподдрессоренной масс автомобиля, деформации упругого элемента и т.д. Микропрофиль дороги можно представить реализацией квазистационарных случайных процессов, скорость автомобиля – реализацией случайного процесса [1].

Таким образом, анализ колебаний при таком подходе предполагает проведение анализа континуума реализаций квазистационарных процессов.

При регистрации реализаций $q(t)$, $z_i(t)$, $V(t)$ каждая из них разбивается на короткие реализации длительностью T , в результате получается континуум (ансамбль) реализаций $q_i(t)$, $z_{ji}(t)$, $V_i(t)$,

$i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, k}$. Каждая реализация из ансамбля подвергается анализу с использованием методов анализа реализации стационарных случайных процессов.

В результате обработки имеется ансамбль статистических характеристик процесса колебаний автомобиля, найденных по каждой из реализаций длительностью T . В качестве статистических характеристик наибольшее распространение получили оценки спектральной плотности и дисперсии процесса колебаний автомобиля.

При обработке континуума реализаций $q_i(t)$, $z_{ji}(t)$, $V_i(t)$ длительностью T каждая получен ансамбль оценок условных дисперсий и средней скорости движения автомобиля $\hat{\sigma}_{qi}^2$, $\hat{\sigma}_{ji}^2$, \hat{V}_i за время T :

$$\hat{\sigma}_{qi}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T q_i^2(t) dt,$$

$$\hat{\sigma}_{ji}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T z_{ji}^2(t) dt,$$

$$\tilde{V}_i = \frac{1}{T} \int_0^T V_i(t) dt$$

Такой ансамбль выборок случайных величин необходимо подвергнуть анализу с целью определения их законов распределения и выявления статистической связи между случайными величинами.

Выборочное математическое ожидание и дисперсия оценки условной дисперсии $\hat{\sigma}_z^2$ рассчитывается по формулам:

$$\hat{M}[\hat{\sigma}_z^2] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{\sigma}_{zi}^2,$$

$$\hat{D}[\hat{\sigma}_z^2] = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\hat{\sigma}_{zi}^2 - \hat{M}[\hat{\sigma}_z^2])^2.$$

По результатам расчета производится оценка доверительных интервалов для математического

ожидания $M[\hat{\sigma}_z^2]$ и дисперсии $D[\hat{\sigma}_z^2]$, соответствующих доверительной вероятности $P=1-\alpha$:

$$\left(\hat{M}[\hat{\sigma}_z^2] - \frac{\sqrt{\hat{D}[\hat{\sigma}_z^2]} t_{n;\alpha/2}}{\sqrt{N}} \right) \leq M[\hat{\sigma}_z^2] < \left(\hat{M}[\hat{\sigma}_z^2] + \frac{\sqrt{\hat{D}[\hat{\sigma}_z^2]} t_{n;\alpha/2}}{\sqrt{N}} \right)$$

$$\frac{n \hat{D}[\hat{\sigma}_z^2]}{\chi_{n;\alpha/2}^2} \leq D[\hat{\sigma}_z^2] < \frac{n \hat{D}[\hat{\sigma}_z^2]}{\chi_{n;1-\alpha/2}^2},$$

где $n=N-1$;

$t_{n;\alpha/2}$, $\chi_{n;\alpha/2}^2$, $\chi_{n;1-\alpha/2}^2$ – проценти

t-распределения, χ^2 с n степенями свободы.

С целью определения закона распределения величины $\hat{\sigma}_z^2$ весь диапазон ее изменения разбивается на k разрядов, определяется частота попадания $\hat{\sigma}_z^2$ в каждый разряд $n_i (i = \overline{1, K})$, ча-

$$\text{стость } P_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^K n_i}.$$

В качестве меры расхождения экспериментального и теоретического распределения используется критерий Пирсона:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(n_i - \tilde{n}_i)^2}{\tilde{n}_i},$$

где n_i – экспериментальные частоты;

\tilde{n}_i – ожидаемые в соответствии с принятым теоретическим распределением частоты.

Если $\chi^2 > \chi_{n;\alpha}^2$, то с вероятностью $P=1-\alpha$ гипотеза соответствия экспериментального распределения теоретическому неверна. Здесь $\chi_{n;\alpha}^2$ –

процентиль χ^2 -распределения с n степенями свободы (для нормального закона распределения $n=k-3$). При обработке экспериментальных данных принималось $k=10$, $\alpha=0,05$.

С целью выявления статистической связи между оценками условных дисперсий процесса колебаний автомобиля, скорости его движения рассчитывались выборочные коэффициенты корреляции (оценки коэффициентов корреляции):

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^N (\chi_i - \hat{m}_x)(y_i - \hat{m}_y)}{\sqrt{D_x D_y}},$$

где r_{xy} – оценка коэффициента корреляции

ρ_{xy} величин x и y ;

\hat{m}_x , \hat{m}_y , D_x , D_y – оценки математических ожиданий и дисперсий случайных величин x и y , в качестве которых могут выступать оценки условных дисперсий колебаний, средняя за время T скорость движения автомобиля.

Проверка значимости корреляционной зависимости случайных величин x и y производится с учетом того, что случайная величина

$W = \frac{1}{2} \ln \left[\frac{1+r_{xy}}{1-r_{xy}} \right]$ приближенно подчиняется нормальному распределению со средним значе-

нием $M[W] = \frac{1}{2} \ln \left[\frac{1+\rho_{xy}}{1-\rho_{xy}} \right]$ и дисперсией

$$\sigma_W^2 = \frac{1}{N-3}.$$

Если неравенство

$$-Z_{\alpha/2} \leq \frac{\sqrt{N-3}}{2} \ln \left[\frac{1+r_{xy}}{1-r_{xy}} \right] < Z_{\alpha/2},$$

где $Z_{\alpha/2}$ – процентиль нормированного гауссовского распределения не выполняется, то гипотеза $\rho_{xy}=0$ с доверительной вероятностью $P=1-\alpha$ отвергается, что свидетельствует о значимой статистической связи x и y .

Обозначения процентилей $t_{n;\alpha}$, $\chi_{n;\alpha}^2$, Z_{α} , приведенных выше, произведены согласно равенствам:

$$\int_{t_{n;\alpha}}^{\infty} f_t(t) dt = \alpha, \quad \int_{\chi_{n;\alpha}^2}^{\infty} f_{\chi^2}(\chi^2) d\chi^2 = \alpha$$

$$\int_{z_{\alpha}}^{\infty} f_z(z) dz = P[z > z_{\alpha}] = \alpha,$$

где $f_t(t)$, $f_{\chi^2}(\chi^2)$, $f_z(z)$ – плотности вероятностей t-распределения и χ^2 -распределения с n степенями свободы и нормированного гауссовского распределения.

При исследовании влияния колебаний автомобиля на скорость его движения определялись уравнения регрессии, устанавливающие статистическую связь между средней за время T скоростью движения автомобиля V и оценками условных дисперсий колебаний автомобиля σ_j^2 :

$$V = \varphi(\sigma_1^2, \sigma_2^2 \dots \sigma_k^2, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l).$$

Параметры уравнений регрессии определялись из условия:

$$\sum_{i=1}^N \zeta_i^2 = \sum_{i=1}^N [\varphi(D_{1i}, D_{2i} \dots D_{ki}, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l) - V_i]^2 = \min, (1)$$

где $D_{1i}, D_{2i} \dots D_{ki}$, V_i – значения оценок условных дисперсий и V , найденных по i из N совокупностей реализаций случайного процесса колебаний автомобиля и его скорости движения.

Если функция φ линейна относительно $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_l$, то при ее расчете можно воспользоваться методами, применяемыми при построении множественной линейной регрессии. В данной статье ограничения на φ не накладывались, поэтому параметры α_k ($k = \overline{1, l}$) определялись непосредственно согласно выражению (1) (для этого использовалась программа поиска минимума функции нескольких переменных).

Сравнение конкурирующих уравнений регрессии производится с помощью дисперсии адекватности $S_{ад}^2$:

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \zeta_i^2}{T - l}.$$

Чем меньше значение $S_{ад}^2$, тем уравнение регрессии ближе отображает исследуемую статистическую связь. Проверку адекватности уравнения регрессии следует производить с помощью F-критерия Фишера:

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_B^2},$$

где S_B^2 – дисперсия воспроизводимости.

Если выполняется неравенство $F > F_{n1, n2, \alpha}$,

где $F > F_{n1, n2, \alpha}$ – процентиль F-распределения с n_1 и n_2 степенями свободы, равными соответственно числам свободы выборочных дисперсий $S_{ад}^2$ и S_B^2 ($P[F > F_{n1, n2, \alpha}] = \alpha$), то с доверительной вероятностью $P = 1 - \alpha$ гипотеза адекватности уравнения регрессии неверна.

Список литературы

1. Терехов А.С., Харин В.В., Ажмегов В.Ф. Элементы анализа статистики случайных процессов колебаний автомобиля // Вестник Российской Академии транспорта. Уральское межрегиональное отделение. – Курган: Изд-во КГУ, 1999. – С. 4-8.
2. Розанов Ю.А. Стационарные случайные процессы. – М.: Наука, 1990. – 273 с.
3. Михайлов Ф.А. Случайные процессы в нестационарных линейных системах. – М.: Энергия, 1969. – 96 с.
4. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2007.
5. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. – М.: Мир, 1974. – 464 с.

УДК 534.64, 629.12

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF ULTIMATE STATE OF VIBRATION ISOLATION SYSTEMS OF THE CAR WITH NONLINEAR CHARACTERISTICS

Ключевые слова: пробой подвески, отрыв шин, колебания автомобиля, нелинейные характеристики, статический прогиб, вероятность.

Keywords: the breakdown of the suspension, separation of tyres, fluctuations of the car, nonlinear characteristics, the static deflection, the probability

Аннотация

Рассматривается метод оценки маловероятных состояний – пробоя подвески и отрыва шин, и влияния на это состояние нелинейных характеристик подвески автомобиля. Характеристики отрыва шин от поверхности дороги и пробоя подвески получены моделированием проезда автомобиля единичной неровности. Повышение энергоемкости подвески за счет нелинейности упругой характеристики значительно уменьшает возможность пробоя подвески в процессе эксплуатации автомобиля.

Annotation

The method of evaluation is unlikely state -

breakdown suspension and tear of tires, and the impact on this state of nonlinear characteristics of the car's suspension. Characteristics of the isolation of tyres from the road surface and the breakdown of the suspension obtained by simulation of vehicle isolated irregularities. Increasing the intensity of suspension due to the nonlinearity of elastic properties are significantly reduces the possibility of breakdown of the suspension during the operation of the vehicle.

Парышев Дмитрий Николаевич
 ЗАО «Курганстальмост»,
 генеральный директор, действительный член ПАТ,
 contact@kurganstalmost.ru
Харин Валерий Васильевич
 Курганский институт
 железнодорожного транспорта,
 зам. директора по
 научной работе и инновационному развитию,
 действительный член ПАТ, uralakademia@mail.ru
Копырин Владимир Иванович
 ЗАО «Курганстальмост», технический директор,
 канд. техн. наук; contact@kurganstalmost.ru
Остапчук Александр Константинович
 Курганский институт
 железнодорожного транспорта,
 доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой ОПД,
 uralakademia@mail.ru
Кузнецова Елена Михайловна
 Курганский институт железнодорожного
 транспорта,
 начальник научно-исследовательского и
 редакционно-издательского отдела,
 nirio-kigt@mail.ru

Подвеска автомобиля выполняет свои функции в определенном диапазоне динамических воздействий со стороны дороги. В процессе эксплуатации автомобиля при превышении динамических нагрузок на него некоторой величины рабочие функции подвески нарушаются. При этом возникают такие нежелательные явления, как пробой подвески и отрыв шин от дороги. При проектировании подвески и ее испытаниях возрастает необходимость в оценке возможности появления в процессе эксплуатации таких предельных состояний.

Сложность расчета измерителей второй группы [1] обусловлена тем, что по своей сущности предельные состояния подвески очень редки (в противном случае подвеска автомобиля заведомо неработоспособна) и, следовательно, для прямого подсчета частоты пробоя подвески и отрыва колес от дороги при испытаниях автомобиля потребуется неоправданно большой объем дорожных испытаний, а при моделировании колебаний автомобиля необходимо располагать очень большими реализациями случайных процессов колебаний.

Косвенный метод оценки вероятностей пробоя подвески и отрыва шин от поверхности дороги, основанный на предположении о том, что закон распределения ординат колебательного процес-

са является нормальным в случае, если подвеска имеет существенно нелинейные упругие и демпфирующие характеристики, не может быть использован для анализа влияния вида нелинейности характеристик подвески на возможность возникновения ее предельных состояний. Дело в том, что в области больших значений ординат колебательного процесса нормальный закон распределения трансформируется за счет наличия в динамической системе нелинейностей. При этом необходимо отметить, что для расчета вероятностей предельных состояний подвески используется зона закона распределения ординат колебательного процесса в области больших значений этих ординат.

При расчете измерителей качества подвески второй группы можно представить микропрофиль дороги в виде последовательности выступов и впадин случайной высоты q_0 и случайной длины l . Если автомобиль проезжает через неровность, способную вызвать нарушение рабочих функций подвески, то следует пренебречь малыми (сравнительно с колебаниями, вызванными проездом через данную неровность) колебаниями автомобиля, которые обусловлены всем остальным микропрофилем дороги в окрестности этой неровности. Пренебрегая влиянием формы неровности на колебания автомобиля, можно принять неровность синусоидальной вида:

$$q = \frac{q_0(1 - \cos \omega t)}{2}, \quad (1)$$

где ω – частота воздействия дороги на автомобиль, равная $\omega = \frac{2\pi V}{l}$;

V – скорость движения автомобиля через неровность;

l – длина неровности.

Сравнение различных вариантов подвесок автомобиля с точки зрения возможности их предельных состояний безотносительно к эксплуатационным условиям можно производить с помощью характеристик предельного состояния подвески – характеристик пробоя подвески и характеристик отрыва шин от дороги.

Характеристика пробоя подвески (рис. 1) представляет собой два графика: $q_{01}(\omega)$ – характеристика пробоя при проезде автомобилем выступов (верхние графики), и $q_{02}(\omega)$ – характеристика пробоя при проезде автомобилем впадин (нижние графики). Эти графики разбивают область возможных сочетаний высот неровностей на две области Е и К, так что область Е содержит все возможные сочетания высот и частот воздействия неровностей, при проезде автомобилем которых происходит пробой подвески, а область К содержит сочетания q_0 и ω неровностей, не вызывающих пробоя подвески.

Характеристики пробоя определялись следующим образом. При моделировании колебаний автомобиля, проезжающего единичную неровность с частотой воздействия ω , получены при изменении высоты неровности q_0 зависимости максимального прогиба рессоры на ходе сжатия от высоты неровности $\delta_{max} = \delta(q_0)$. Если подвеска автомобиля имеет существенно нелинейные характеристики, то функция $\delta(q_0)$ нелинейна, и вид ее в значительной степени определяется видом нелинейностей характеристик подвески.

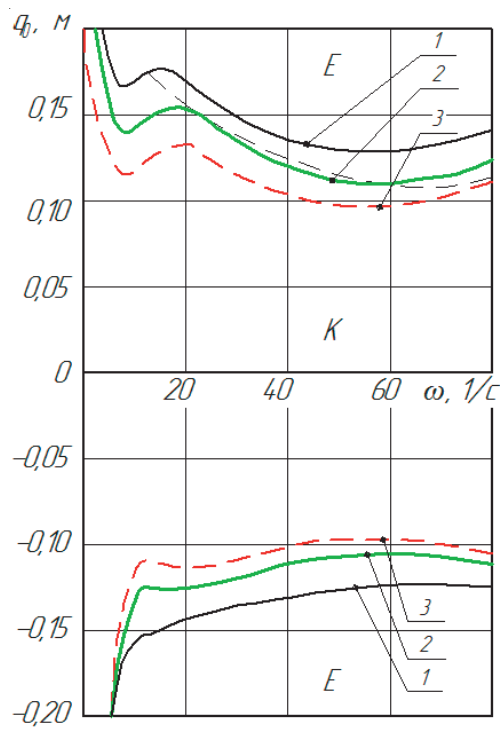


Рис. 1. Характеристики пробоя подвесок

На рис. 2 приведены зависимости максимальных значений прогиба рессоры автомобиля при проезде выступов синусоидальной формы от высоты неровности q_0 при частоте ее воздействия на автомобиль $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$; кривые 1 и 2 – на ходе сжатия, соответственно при линейной и прогрессивной упругой характеристиках подвески; кривые 3 и 4 – на ходе отбоя соответственно при линейной и прогрессивной упругой характеристиках подвески. Упругие характеристики подвесок приведены на рис. 3. На рис. 4 приведены зависимости максимальных значений вертикальных ускорений кузова автомобиля при проезде выступов синусоидальной формы от высоты неровности при $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$; кривая 1 – для подвески с линейной упругой характеристикой (кривая 3 рис. 3), кривая 2 – для подвески с прогрессивной упругой характеристикой (кривая 1 рис. 3).

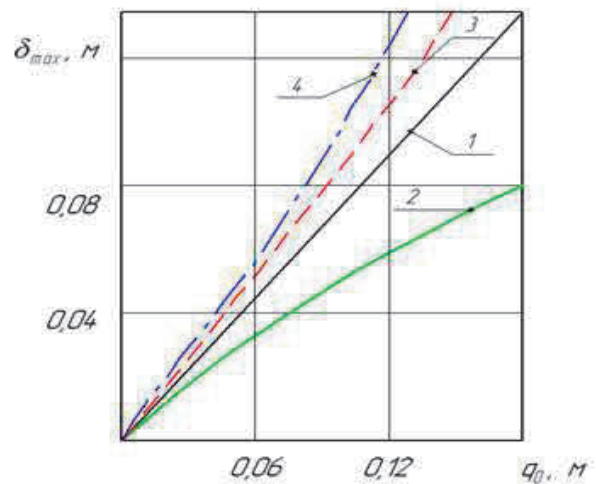


Рис. 2. Зависимости δ_{max} от q_0

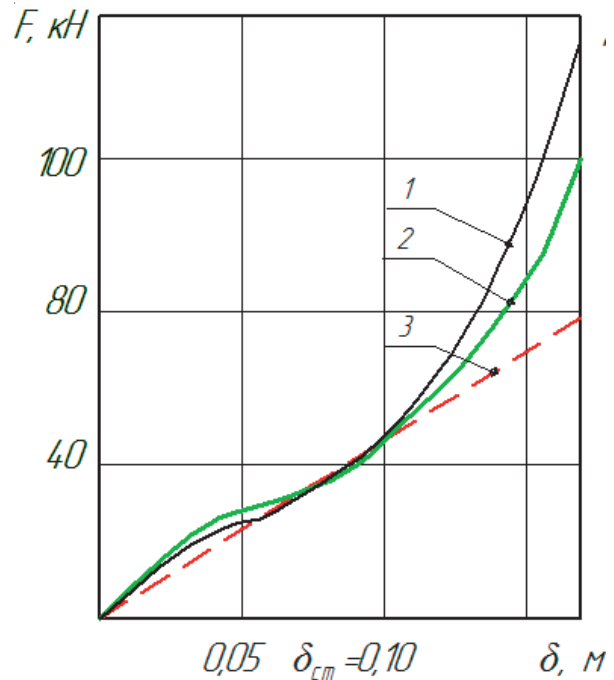


Рис. 3. Упругие характеристики подвесок

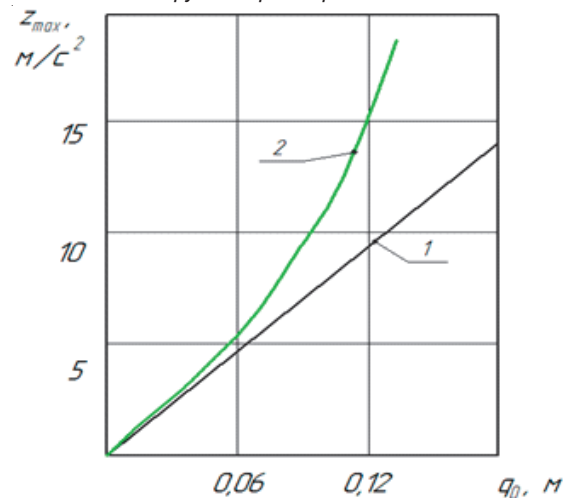


Рис. 4. Зависимости \ddot{z}_{max} от q_0

Как видно из приведенных графиков, деформация рессоры при проезде неровностей большой высоты значительно меньше при прогрессив-

ной, чем при линейной упругой характеристике подвески, что благоприятно сказывается на уменьшении возможности пробоя подвески. Однако ускорения кузова при прогрессивной характеристике при больших значениях высот неровностей значительно превышают ускорения при линейной характеристике подвески.

Исходя из условия $\delta(q_0) = \delta_d$, (δ_d – динамический ход подвески) определялась наименьшая высота неровности q_0 при воздействии которой на автомобиль с частотой ω происходит пробой подвески. Таким образом получена точка (q_0, ω) , лежащая на характеристике пробоя $q_0(\omega)$. Для различных ω получены остальные точки характеристик пробоя.

На рис. 1 приведены характеристики пробоя подвесок с упругими характеристиками соответственно 1, 2 и 3, представленными на рис. 3. При этом все упругие характеристики обеспечивают одинаковую жесткость в зоне статического прогиба. Как видно из приведенных графиков (рис. 1), увеличение энергоемкости подвески за счет нелинейности упругой характеристики обеспечивает уменьшение области Е и уменьшает пробой подвески в процессе эксплуатации автомобиля при одних и тех же значениях динамического хода подвески и ее жесткости в зоне статического хода.

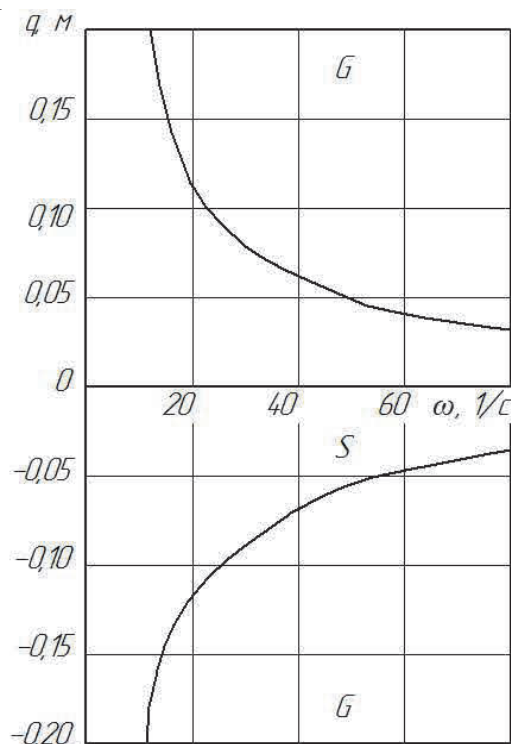


Рис. 5. Характеристики отрыва шин от поверхности дороги

На рис. 5 приведены характеристики отрыва шин от поверхности дороги – графики $q_{03}(\omega)$ и

$q_{04}(\omega)$, которые являются границами между областями S и G. Область G содержит все возможные сочетания высот и частот воздействия неровностей на автомобиль, при проезде которых происходит отрыв шин от поверхности дороги. Область S содержит сочетания q_0 и ω неровностей, где отсутствует отрыв шин от поверхности дороги.

Характеристики отрыва шин от поверхности дороги получены следующим образом. При моделировании колебаний автомобиля с возмущением от единичной неровности с частотой воздействия ω получены зависимости максимальной деформации шины $f_{max} = r_{max} - r$ (r_{max} – максимальное значение радиуса колеса при проезде неровности; r – статический радиус колеса) от высоты неровности $f_{max} = f(q_0)$. Далее из условия $f(q_0) = f_{cm}$ (f_{cm} – статическая деформация шины) получена наименьшая высота неровности q_0 , при воздействии которой на автомобиль с частотой ω происходит отрыв шины от поверхности дороги. Точка (q_0, ω) лежит на характеристике отрыва шины.

Характеристики предельного состояния подвески несложно получить и при испытаниях автомобиля. Для этого необходимо располагать участком дороги, микропрофиль которого представляет собой последовательность нескольких удаленных друг от друга единичных неровностей различных длин и высот. В качестве примера на рис. 1 приведена характеристика пробоя (пунктирная линия) при проезде выступов для задней подвески автобуса КАВЗ-4238.

Характеристики предельного состояния подвески автомобиля можно использовать для оценки возможности нарушения ее рабочих функций в конкретных эксплуатационных условиях. Для этого необходимо располагать совместным дифференциальным законом распределения высот неровностей и частот их воздействия на автомобиль $f(q_0, \omega)$.

Вероятность проезда автомобилем неровности, вызывающей пробой подвески, определяется выражением:

$$P_{пр} = \iint_{(S)} f(q_0, \omega) dq_0 d\omega. \quad (2)$$

Этой вероятности соответствует статистическая частота $P_{пр}^* = \frac{n_{пр}}{N}$,

где $n_{пр}$ – число неровностей на пути L , при проезде автомобилем которых происходит пробой подвески; N – общее число неровностей на длине пути L .

Вероятность проезда автомобилем неровности, вызывающей отрыв колес от поверхности дороги, можно определить выражением:

$$P_{отр} = \iint_{(G)} f(q_0, \omega) dq_0 d\omega \quad (3)$$

Этой вероятности соответствует статистическая частота $P_{отр}^* = \frac{n_{отр}}{N}$,

где $n_{отр}$ – число неровностей на пути L , при проезде автомобилем которых происходит отрыв колес от поверхности дороги.

Таким образом, характеристики предельного состояния подвески определяют области интегрирования в выражениях (2), (3).

Вероятность пробоя подвески и отрыва колес от поверхности дороги могут быть использованы для расчета среднего цикла пробоев подвески и отрыва колес от дороги на фиксированной длине пути (например, на километре пути):

$$n_{пр} = NP_{пр}; n_{отр} = NP_{отр},$$

так как статистическая частота P^* стремится к вероятности с увеличением длины L .

Рассмотрим в качестве примера приложение предлагаемого метода к расчету $P_{пр}$ и $P_{отр}$ при движении автомобиля по участку проселочной дороги.

Дифференциальный закон распределения высот и длин неровностей имеет вид:

$$\varphi(q_0, l) = \varphi_1(l) \varphi_2\left(\frac{q_0}{l}\right),$$

где $\varphi_1(l)$ – дифференциальный закон распределения длин неровностей;

$$\varphi_2\left(\frac{q_0}{l}\right) \text{ – условный дифференциальный за-}$$

кон распределения высот неровностей.

Результаты обработки реализации микропрофиля участка проселочной дороги показали, что закон хорошо согласуется с законом распределения Рэлея:

$$\varphi_1(l) = \frac{l}{S_q^2} \exp\left(-\frac{l^2}{2S_q^2}\right).$$

где S_q – параметр закона распределения;

l – длина неровности, измеряемая между двумя соседними точками пересечения микропрофиля с его средней линией.

Для определения $\varphi_2\left(\frac{q_0}{l}\right)$ весь диапазон длин

неровностей обследованного участка дороги разбивался на ряд интервалов и для каждого интервала определялся закон распределения высот неровностей. Как показал анализ результатов обработки реализации микропрофиля дороги, для каждого интервала длин неровностей закон распределения высот неровностей одинаков для выступов и впадин в силу статистической симметрии микропрофиля относительно его средней линии и близок к Рэлеевскому закону распределения (при проверке статистических гипотез использовался критерий согласия Колмогорова):

$$\varphi_2\left(\frac{q_0}{l}\right) = \frac{|q_0|}{S_q^2} \exp\left(-\frac{q_0^2}{2S_q^2}\right),$$

где S_q – параметр закона распределения.

При этом наблюдается линейная зависимость S_q от средней длины неровностей интервала:

$$S_q = Kl.$$

Тогда совместный закон распределения высот и длин неровностей примет вид

$$\varphi_2(q_0, l) = \frac{|q_0|}{S_l^2 Kl} \exp\left[-\left(\frac{l^2}{2S_l^2} + \frac{q_0^2}{2K^2 l^2}\right)\right].$$

Учитывая, что $l = \frac{2\pi V}{\omega}$, можно определить с

помощью известных в теории вероятностей соотношений, совместный закон распределения высот неровностей и частот их воздействия на автомобиль:

$$f(q_0, \omega) = \frac{|q_0|}{S_l^2 K^2 \omega} \exp\left[-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{2\pi V}{S_l \omega}\right)^2 + \left(\frac{q_0 \omega}{2\pi KV}\right)^2\right]\right], \quad (4)$$

где для участка проселочной дороги $S_l = 2,9$ м, $K = 0,58$.

При этом необходимо отметить, что найденный закон распределения справедлив только для участка проселочной дороги, микропрофиль которого был замерен и обработан, и здесь приведен лишь для иллюстрации предлагаемого метода оценки возможности нарушения рабочих функций подвески.

Используя выражения (4) и подставляя в него (2) и (3), можно определить вероятности проезда автомобилем неровности, вызывающей пробой подвески $P_{пр}$ и отрыв колес от поверхности дороги $P_{отр}$. На рис. 6 приведены графики зависимостей $P_{пр}(V)$ и $P_{отр}(V)$ от скорости движения по участку проселочной дороги: 1, 2 и 3 – $P_{пр}$ для подвесок, имеющих упругие характеристики соответственно 1, 2 и 3 (рис. 3); 4 – $P_{отр}$ для автомобиля с характеристиками отрыва колес от дороги, представленными на рис. 5. Из приведенных на рис. 1 графиков следует, что даже небольшое сокраще-

ние области Е, обусловленное повышением энергоемкости подвески за счет нелинейности ее упругой характеристики, значительно уменьшает возможность пробоя подвески в процессе эксплуатации.

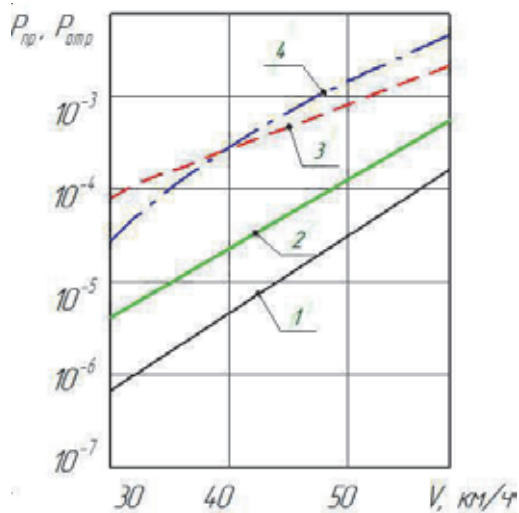


Рис. 6. Зависимости вероятностей $P_{пр}$ и $P_{отр}$ от V

Таким образом, предлагаемый метод оценки возможности предельного состояния подвески в процессе эксплуатации автомобиля не требует наличия сведений о характере законов распределения ординат колебательных процессов автомобиля. Последнее важно, если подвеска имеет существенно нелинейные упругие и демпфирующие характеристики. Метод позволяет при проектировании и испытаниях автомобиля учитывать влияние заложенных в конструкции подвески нелинейностей ее характеристик на возможность нарушения ее рабочих функций в процессе эксплуатации и на этой основе правильно рассчитать нелинейные характеристики подвески.

Дополнительно метод позволяет использовать для сравнения различные варианты подвесок или различные автомобили с точки зрения возможности пробоя и отрыва колес. Это связано с тем, что указанные выше характеристики оценивают (наряду с амплитудно-частотными характеристиками колебаний) потенциальные свойства подвесок.

Список литературы

1. Парышев Д.Н., Харин В.В., Копырин В.И., Остапчук А.К., Кузнецова Е.М. Влияние нелинейностей в подвесках автомобилей на процесс колебаний. — Настоящий сборник материалов конференции.
2. Вентцель А.Д. Курс теории случайных процессов. — М.: Наука. Физматлит, 1996. — 400 с.
3. Евланов Л.Г., Константинов В.М. Системы со случайными параметрами. — М.: Наука, 1976. — 566 с.
4. Динамика системы «дорога — шина — автомобиль — водитель» / Под общ. ред. А.А. Хачатурова. — М.: Машиностроение, 1976. — 534 с.

УДК 534.64, 629.12

ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ В ПОДВЕСКАХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРОЦЕСС КОЛЕБАНИЙ

THE EFFECTS OF NON- LINEARITY IN THE SUSPENSIONS OF CARS ON THE OSCILLATORY PROCESS

Ключевые слова: нелинейности, измерители, законы распределения, дисперсия, фазовая координата, подвеска.

Key words: nonlinearity, meters, the laws of distribution, dispersion, phase coordinate suspension.

Аннотация

Рассмотрено влияние нелинейностей упругой характеристики подвески автомобиля на процесс колебаний. Показано, что нелинейности трансформируют законы распределения ординат случайного процесса колебаний наиболее в области малых вероятностей и их больших абсолютных значений. Трансформация законов распределения существенно затрудняет оценку предельного состояния — пробоя подвески и отрыв шин от поверхности дороги.

Annotation

The influence of nonlinearity of elastic characteristics of a suspension on the oscillatory process. It is shown that the nonlinear transform the distribution laws ordinate random process fluctuations most in the region of small probabilities and their large absolute values. The transformation of the distribution laws significantly complicates the estimation of the ultimate state - breakdown suspension and tear of tyres with road surface.

Парышев Дмитрий Николаевич

ЗАО «Курганстальмост», генеральный директор,
действительный член РАТ,
contact@kurganstalmost.ru

Харин Валерий Васильевич

Курганский институт
железнодорожного транспорта,
зам. директора по

научной работе и инновационному развитию,
действительный член РАТ, uralakademia@mail.ru

Копырин Владимир Иванович

ЗАО «Курганстальмост», технический директор,
канд. техн. наук; contact@kurganstalmost.ru

Остапчук Александр Константинович

Курганский институт
железнодорожного транспорта,
доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой ОПД,
uralakademia@mail.ru

Кузнецова Елена Михайловна

Курганский институт железнодорожного
транспорта, начальник научно-исследовательского
и редакционно-издательского отдела,
nirio-kigt@mail.ru

Колебания поддрессоренного автомобиля носят, как правило, нелинейный характер. Это связано с тем, что сухое трение, нелинейности характеристик амортизаторов, нелинейности упругих характеристик подвесок автомобиля существенно влияют на формирование процесса колебаний. В связи с этим возникает необходимость совершенствования методов расчета нелинейных колебаний. Такие методы могут позволить достоверно учитывать влияние заложенных конструкцией нелинейности подвески автомобиля на его колебания.

Расчет нелинейности колебаний при проектировании подвески осуществляется с применением вычислительной техники. Решая нелинейные дифференциальные уравнения, описывающие движение нелинейной динамической системы, рассчитывают измерители качества подвески, которые можно разделить на две группы. В первой группе это измерители, оценивающие среднюю интенсивность колебаний (среднеквадратические значения ускорений, прогибы рессор и т.д.). Во второй – измерители, характеризующие возможность предельного состояния подвески автомобиля (вероятность пробоя подвески, вероятность отрыва колес от дороги и т.д.).

Обычно измерители второй группы рассчитывают на основании предположения о нормальном законе распределения ординат колебательного процесса. Такое предположение в случае, если упругие или демпфирующие характеристики подвески содержат существенные нелинейности, необоснованно. Дело в том, что нелинейности оказывают большое влияние на закон распределения ординат процесса, а в области малых вероятностей ординат он может значительно отличаться от нормального.

На рис. 1 приведены интегральные законы распределения относительных перемещений поддрессоренной и неподдрессоренной масс δ для автомобиля, который имеет параметры поддрессоривания, близкие (кроме параметров упругой характеристики) к параметрам поддрессоривания задней части автобуса КАВЗ-4328. Интегральные законы получены при моделировании колебаний автомобиля при движении по грунтовой разбитой дороге со скоростью 45 км/ч. Крестиками обозначены значения интегрального закона распределения δ , полученного при линейной упругой характеристике (жесткость рессор равна 440 кН/м). Линией 1 показан нормальный закон распределения δ , соответствующий (по результатам моделирования) математическому ожиданию и дисперсии величины δ . Кривая 3 – интегральный закон распределения δ при прогрессивной упругой характеристике подвески вида:

$$P = 440\delta + 8 \cdot 10^3 \cdot \delta^2 + 8 \cdot 10^4 \cdot \delta^3. \quad (1)$$

Эта упругая характеристика в зоне статического прогиба ($\delta = 0$) имеет жесткость 440 кН/м; кри-

вая 2 – нормальный закон распределения, соответствующий (найденным при прогрессивной упругой характеристике) математическому ожиданию и дисперсии величины δ .

Как видно из приведенного рисунка, распределение δ весьма близко к нормальному при линейной упругой характеристике подвески и значительно отличается от нормального при существенно нелинейной упругой характеристике подвески, особенно в области больших значений $|\delta|$ ($|\delta| \gg \sigma_\delta$).

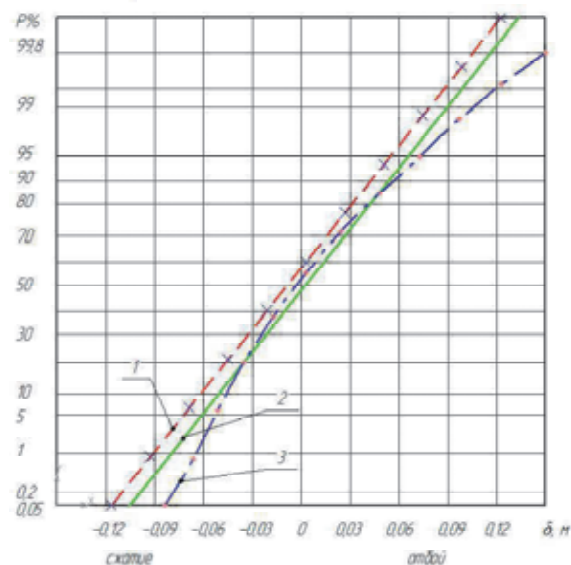


Рис. 1. Интегральные законы распределения деформации рессоры

Это явление связано со сдвигом математического ожидания для прогрессивной характеристики в сторону отбоя (увеличивается динамический ход подвески), а также за счет уменьшения значений плотности вероятности в области больших (по абсолютной величине) значений δ на ходе сжатия и увеличения плотности вероятности при больших значениях δ на ходе отбоя по сравнению с нормальным законом распределения. На рис. 2 приведена качественная картина трансформации дифференциального нормального закона распределения δ за счет прогрессивной упругой характеристики. Кривая 1 – закон распределения при линейной упругой характеристике (нормальный), кривая 2 – закон распределения δ при прогрессивной упругой характеристике. Причем влияние на трансформацию нормального закона распределения фазовых координат динамической системы «поддрессоренный автомобиль» будет увеличиваться с интенсивностью колебаний автомобиля.

Если реализации микропрофиля дороги связаны соотношением:

$$q_k(t) = kq_0(t),$$

где k – постоянный коэффициент, то соотношение дисперсий какой-либо фазовой координаты линейной динамической системы «поддрессоренный автомобиль» будет равно:

$$\sigma_k^2 = k^2 \sigma^2,$$

где σ_k^2 – дисперсия фазовой координаты при фиксированном значении k ;

σ^2 – дисперсия фазовой координаты при $k=1$.

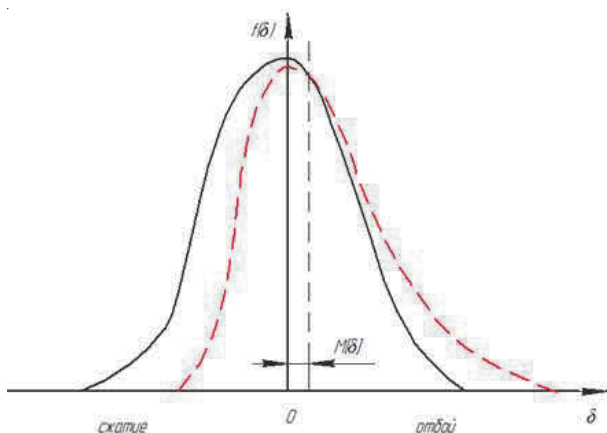


Рис. 2. Трансформация закона распределения деформации рессоры за счет нелинейности упругой характеристики подвески

Для автомобиля с нелинейными характеристиками подвески зависимость σ_k^2 от k^2 будет нелинейна. На рис. 3 приведены зависимости дисперсий вертикальных ускорений кузова автобуса КАВЗ-4328 (кривая 1 – при линейной упругой характеристике, жесткость $C=440$ кН/м; кривая 2 – при прогрессивной упругой характеристике) и дисперсии относительных перемещений поддрессоренных и неподдрессоренных масс (кривые 3 и 4 – соответственно при линейной и прогрессивной упругих характеристиках подвески) от k^2 , найденные при моделировании колебаний автобуса при движении со скоростью 45 км/ч. При моделировании использовалась запись микропрофиля участка грунтовой дороги. Изменение k осуществлялось путем изменения масштаба микропрофиля этого участка.

Из приведенного рисунка видно, что при большой интенсивности воздействия на автомобиль со стороны дороги прогрессивная характеристика подвески приводит к тому, что в сравнении с линейной характеристикой (имеющей ту же жесткость в зоне статического прогиба) происходит снижение дисперсии относительных перемещений поддрессоренной и неподдрессоренной масс (кривая 4). Но при этом увеличивается дисперсия вертикальных ускорений кузова (кривая 2).

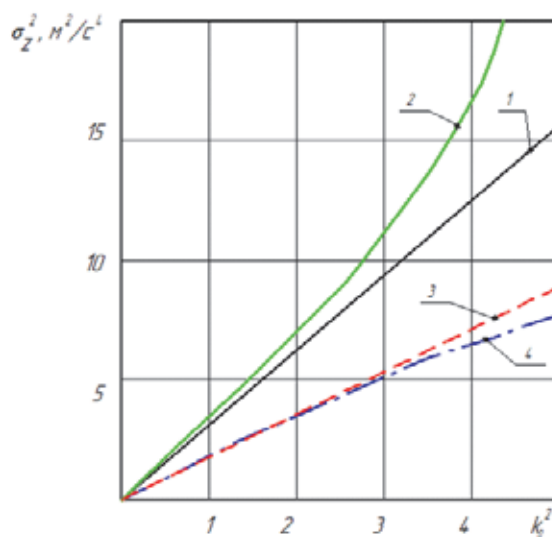


Рис. 3. Зависимости σ_z^2 от k_q^2

В табл. 1 приведены зависимости от k математического ожидания $M[\delta]$ случайной величины δ и коэффициента асимметрии A ее закона распределения для подвески с линейной и прогрессивной упругой характеристикой.

Таблица 1
Зависимость параметров закона распределения величины δ от k

	Тип упругой характеристики					
	Прогрессивная			Линейная		
k	1	1,5	2	1	1,5	2
$M[\delta]$	0,2	0,63	1,08	-0,15	-0,17	-0,17
A	0,36	0,47	0,50	0,09	0,008	0,009

Большие положительные значения коэффициента асимметрии закона распределения δ и ее математического ожидания при больших значениях k свидетельствуют о том, что закон распределения для прогрессивной характеристики несимметричен, причем плотность вероятности δ в области больших ее значений больше на ходе отбоя и меньше на ходе сжатия подвески по сравнению с плотностями вероятности δ для подвески с линейной упругой характеристикой.

Список литературы

1. Парышев Д.Н., Харин В.В., Остапчук А.К., Копырин В.И., Скрябин В.В. Стохастическая модель «ВАД» для неровных дорог // I Международная научно-практическая конференция «Инновации и исследования в транспортном комплексе», Курган. – 2013. – С. 180-187.
2. Терехов А.С., Харин В.В., Ажмегов В.Ф. Особенности формирования колебаний автомобиля в условиях эксплуатации // Вестник Российской Академии транспорта. Уральское межрегиональное отделение. – Курган: Изд-во КГУ, 1999. – С. 13-18.
3. Михайлов Ф.А. Анализ и синтез линейных нестационарных систем. – М.: Машиностроение, 1977. – 296 с.

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КРЮКОВОЙ ОБОЙМЫ МОСТОВОГО КРАНА ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЦИФРОВОЙ ФОТОВИДЕОСЪЕМКИ

EVALUATION OF EXPERIMENTAL ERRORS OF LINEAR MEASURING OF THE HOOK OF BRIDGE CRANE WHEN PROCESSING THE RESULTS DIGITAL VIDEO

Ключевые слова: явление параллакса, линейные перемещения, погрешности измерений, относительная погрешность, фотограмметрический способ.

Keywords: parallax, linear movements, measurement error, relative error, photogrammetric method.

Аннотация

Описан активный эксперимент с использованием фотовидеокамеры Canon PowerShot SX500IS, проведенный на кран-балке. Произведено подтверждение адекватности геометрической модели с учетом значений относительных погрешностей фотограмметрических измерений. Определена погрешность от параллакса.

Annotation

Described active experiment using camera gear Canon PowerShot SX500IS, conducted traverse cranes. Adequacy confirmation of geometric model based on the values of the relative errors of photogrammetric measurements was produced. Parallax error was determined.

Щербakov Виталий Сергеевич

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ),
д-р техн. наук, профессор, декан факультета
«Нефтегазовая и строительная техника»,
тел. (3812)-65-04-55; sherbakov_vs@sibadi.org

Корытов Михаил Сергеевич

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ),
д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры
«Конструкционные материалы и специальные технологии»,
тел. (3812)-65-03-18; kms142@mail.ru

Вольф Елена Олеговна

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), аспирант кафедры
«Автоматизация производственных процессов и электротехника»; wolf_eo@sibadi.org

Недорогие и доступные цифровые фотовидеокамеры позволяют получать изображения высокого разрешения, непосредственно загружаемые в компьютер (ПК), и проводить скоростную видеосъемку с частотой в несколько десятков кадров в секунду. Это дает возможность использовать указанные снимки как исходный материал для измерения перемещений сравнительно медленно движущихся объектов дистанционным методом без установки дополнительных датчиков. Фотовидеокамеры по точности результатов измерений не могут сравниться со специальной аппаратурой, в то же время существует широкий круг задач, где они успешно применяются [1].

Была реализована возможность использовать результаты цифровой фотовидеосъемки колебаний крюковой обоймы кран-балки мостового типа для подтверждения адекватности математической модели колебаний груза с подвижной точкой подвеса [2].

Для объектива используемой цифровой фотовидеокамеры с асферической линзой Canon PowerShot SX500 IS, близкого к симметричному, геометрические аберрации в виде максимальной дисторсии (искажений, привносимых объективом) в центральной области кадра, где находился движущийся объект, малы и ими можно пренебречь. Поэтому были приняты допущения о том, что: 1) изображения трехмерных объектов на плоскости кадров и на экране ПК, полученные в результате цифровой фотовидеосъемки, являются их центральной (перспективной) проекцией; 2) геометрические аберрации (дисторсия) изображения несущественны (десятые доли процента) и не вызывают дополнительных погрешностей измерения; 3) перемещения измеряемых точек подвижных объектов происходят в плоскости, параллельной плоскости объектива цифровой фотовидеокамеры [3; 4; 5].

Масса крановой обоймы с крюком в качестве перемещаемого груза при проведении эксперимента составляла 100 кг. При проведении эксперимента выполнялась покадровая развертка процесса перемещения точки подвеса, а также нижней точки крюка крюковой обоймы на фоне размерной сетки размером 0,01x0,01 м. Частота кадров при скоростной видеосъемке составляла 50 кадров/с (50 Гц).

На рис. 1 обозначены места установки размерных сеток и видеокамеры. Видеокамера устанавливалась на штативе.

Был осуществлен активный эксперимент, основанный на регистрации входных (перемещения точки подвеса груза) и выходных (перемещения точки груза) параметров, характеризующих объект исследования (пространственный маятник), путем кратковременного включения электродвигателей кран-балки. Управление кран-балкой осуществлялось при помощи кнопочного пульта управления, включающего и отключающего соответствующие приводы кран-балки, перемещающие точку подвеса вдоль осей декартовой системы координат. При этом соблюдалось условие невыхода пере-

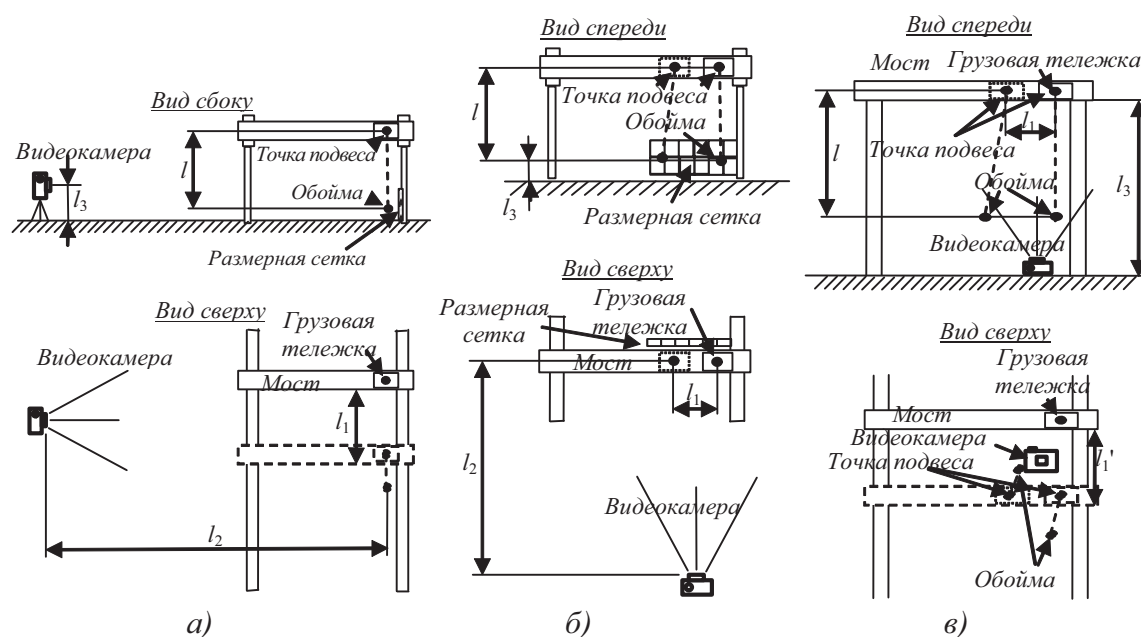


Рис. 1. Расположение видеокамеры при видеофиксации: а – продольного перемещения крюковой обоймы; б – поперечного перемещения крюковой обоймы; в – одновременно продольного и поперечного перемещений

мещаемого груза за пределы размерной сетки. Точка подвеса перемещалась в определенных направлениях вдоль осей декартовой неподвижной системы координат.

Для проведения активного эксперимента был составлен его план (табл. 1).

Таблица 1
План активного эксперимента и соответствующие линейные размеры

Перемещение точки подвеса	Опыт № 1	Опыт № 2	Опыт № 3
Движение моста крана	+	–	+
Движение грузовой тележки крана	–	+	+
l , м	2,73	2,7	2,45
l_1 , м	0,59	1,95	0,363
l_1' , м	–	–	0,268
l_2 , м	6,94	7,41	–
l_3 , м	1,26	1,26	5,104

Регистрировались перемещения точек подвеса груза и крюковой обоймы в продольном направлении при продольном перемещении моста балки и в поперечном направлении при поперечном перемещении грузовой тележки балки на расстояние l_1 , а также в продольном и в поперечном направлениях на расстояния l_1 и l_1' соответственно (табл. 1). В опыте № 3 фотовидеокамера располагалась снизу, под обоймой, совершающей колебания.

Подтверждение адекватности математической модели колебаний крюковой обоймы кран-балки проводилось на основе сопоставления полученных по данным эксперимента и при математическом моделировании параметров: среднего значения периода колебаний \bar{T} , среднего значения логарифмического декремента колебаний $\bar{\chi}$, среднего значения коэффициента затухания $\bar{\lambda}$. Экс-

периментальные значения данных параметров, в свою очередь, вычислялись на основе измеренных фотограмметрическим способом линейных перемещений крюковой обоймы. Поэтому погрешности, возникающие при измерении линейных перемещений, вызывали также погрешности измерения перечисленных выше параметров, характеризующих колебания [2].

Погрешность измерений линейных перемещений при обработке результатов цифровой фотовидео съемки вызывалась прежде всего явлением параллакса [6].

Максимальная погрешность от параллакса при плоском движении обоймы P равна (рис. 2):

$$P = \pm \arctg(\alpha_n / 2) \cdot l_{n1},$$

где l_{n1} – расстояние между плоскостью перемещения объекта и плоскостью размерной сетки, по которой происходит определение координат объекта по результатам обработки фотовидео съемки; α_n – максимальный угол смещения, равный

$$\alpha_n = 2 \cdot \arctg((l_1/2) / l_2),$$

где l_1 – перемещение обоймы в направлении производимых измерений; l_2 – расстояние от фотовидеокамеры до плоскости перемещения обоймы крана.

Погрешность от параллакса P при плоских перемещениях груза будет максимальной при максимальных значениях угла α_n и расстояния l_{n1} . Угол α_n максимизируется при минимальном значении расстояния l_2 и максимальном значении расстояния l_1 . При самом неблагоприятном сочетании указанных размеров ($l_{n1}=0,54$ м; $l_2=7,41$ м; $l_1=1,95$ м, опыт № 2) максимальная погрешность от параллакса составит величину $\pm 0,07$ м. Максимальные погрешности от параллакса для опытов эксперимента приведены в табл. 2.

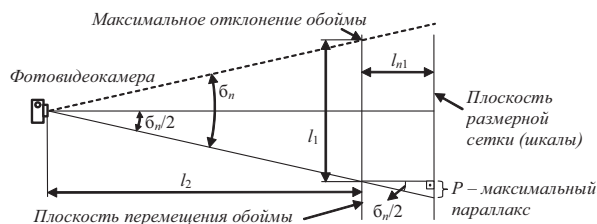


Рис. 2. Схема для определения погрешности от параллакса при плоском движении обоймы (опыты № 1 и 2)

Таблица 2
Максимальные погрешности от параллакса при измерении линейных перемещений обоймы, м

№ опыта	Опыт № 1	Опыт № 2	Опыт № 3
l_{n1} , м	0,37	0,54	0,05
l_{n2} , м	—	—	2,654
Погрешность от параллакса P	$\pm 0,016$	$\pm 0,07$	$\pm 0,017$

При сложных пространственных колебаниях груза для определения погрешности от параллакса максимальное пространственное отклонение груза от положения равновесия может быть представлено на плоской расчетной схеме в вертикальной плоскости, образованной грузовым канатом в момент максимального отклонения и гравитационной вертикалью, проходящей через точку подвеса груза в этот же момент времени (рис. 3).

При проведении эксперимента известны значения следующих размеров: l_z – максимальное отклонение груза от положения равновесия в горизонтальной плоскости; l – длина грузового каната; l_{n1} – расстояние от плоскости размерной сетки (шкалы) до нижней точки сферической поверхности колебаний груза; l_{n2} – расстояние от фотовидеокамеры до плоскости размерной сетки. Для представленной расчетной схемы имеют место следующие зависимости:

$$\alpha_o = l \cdot \arctg(l_z/2);$$

$$\Delta h = l \cdot (1 - \cos(\alpha_o/2));$$

$$\alpha_n = 2 \cdot \arctg(l_z/(l_{n1} + l_{n2} + \Delta h));$$

$$P = \pm(l_{n1} + \Delta h) \cdot \arctg(\alpha_n/2),$$

где α_o – максимальный угол отклонения грузового каната крана от гравитационной вертикали.

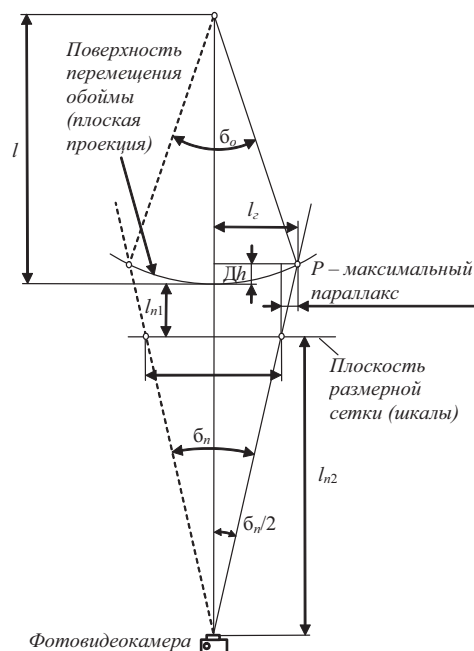


Рис. 3. Схема для определения погрешности от параллакса при пространственном движении (опыт № 3)

Анализ полученных значений относительных погрешностей фотограмметрических измерений (табл. 2) показал, что погрешность от параллакса не превышает $\pm 0,07$ м. Уменьшение данной погрешности возможно за счет сокращения расстояния между плоскостью перемещаемого объекта и плоскостью размерной сетки. Приращения относительных погрешностей измерения параметров, характеризующих колебания, вызванные параллаксом, не превышали для логарифмического декремента колебаний $\delta\bar{\chi}$ 5 %, для коэффициента затухания $\delta\bar{\lambda}$ 1,6 %. Для периода колебаний приращения относительных погрешностей $\delta\bar{T}$ отсутствовали (табл. 3).

Сделан вывод о том, что фотограмметрический способ приемлем для измерения периода маятниковых колебаний и может быть также с достаточной для практических целей точностью использован для измерения параметров, характеризующих затухание колебаний и рассеяние энергии.

Таблица 3
Относительные погрешности фотограмметрического измерения периода колебаний $\delta\bar{T}$, логарифмического декремента колебаний $\delta\bar{\chi}$, коэффициента затухания $\delta\bar{\lambda}$, без коррекции параллакса и с коррекцией параллакса соответственно

Параметр	Опыт № 1		Опыт № 2		Опыт № 3			
	Координата x_1		Координата x_2		Координата x_1		Координата x_2	
	Без коррекции параллакса	С коррекцией параллакса	Без коррекции параллакса	С коррекцией параллакса	Без коррекции параллакса	С коррекцией параллакса	Без коррекции параллакса	С коррекцией параллакса
$\delta\bar{T}$	0,05 %	0,05 %	1,06 %	1,06 %	0,58 %	0,58 %	1,07 %	1,07 %
$\delta\bar{\chi}$	0,17 %	1,81 %	6,38 %	11,44 %	4,02 %	3,07 %	10,07 %	11,67 %
$\delta\bar{\lambda}$	0,21 %	1,77 %	13,82 %	5,29 %	3,1 %	2,165 %	14,79 %	16,38 %

Список литературы

1. Гельман Р.Н., Дунц А.Л. Лабораторная калибровка цифровых камер с большой дисторсией // *Геодезия и картография*. – 2002. – № 7. – С. 23-31.

2. Щербаков В.С. Способ повышения точности траектории перемещения объекта грузоподъемным краном путем компенсации его неуправляемых пространственных колебаний // *Механизация строительства*. – 2014. – № 2. – С. 21-25.

3. Русинов, М.М. Композиция оптических систем. – Л.: Машиностроение, 1989. – 383 с.

4. Волосов, Д.С. Фотографическая оптика. Теория, основы проектирования, оптические характеристики: Учебное пособие. – М.: Искусство, 1978. – 543 с.

5. Борн М., Вольф Э. Основы оптики / Пер. с англ. – М.: Наука, 1973. – 713 с.

6. Яштолд-Говорко В.А. Фотосъемка и обработка. Съемка, формулы, термины, рецепты. – М.: Искусство, 1977. – 343 с.

УДК 629.113

СТЕНД ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПАРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

STAND FOR OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF LOW- TEMPERATURE STEAM ENGINE

Ключевые слова: комбинированная энергосиловая установка, низкотемпературный паровой двигатель, стенд для оптимизации.

Keywords: combined energy-power plant, low-temperature steam engine, stand for optimization.

Аннотация

Рассмотрен один из методов совершенствования энергетических установок тепловых машин, и обоснованы предполагаемые экономические, экологические и технические результаты при применении предложенного метода совершенствования. Приведена схема стенда для измерения и оптимизации параметров двигателя с внешним подводом тепла.

Annotation

One of the methods of improvement of thermal machines' power plants is examined and prospective economic, ecological and technical results are proved when the suggested method of improving is applied. The scheme of the stand for measurement and optimization of parameters of engine with external heat supply is given.

Абгарян Алберт Масисович

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, аспирант, ведущий инженер,
тел. 8 912 7412635; albert_turbo@mail.ru

Филькин Николай Михайлович

Ижевский государственный технический

университет имени М.Т. Калашникова,
д-р техн. наук, профессор,
тел. (3412) 59-38-26; fnm@istu.ru

Существуют различные методы повышения коэффициента полезного действия (КПД) двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Одним из самых актуальных методов усовершенствования ДВС является создание комбинированных энергосиловых установок [2]. Существуют различные типы комбинированных энергосиловых установок. Некоторые из них помогают работать ДВС с помощью энергии, запасенной в накопителях, некоторые позволяют использовать энергию выпускных газов ДВС для получения дополнительной мощности. Чаще всего энергию выпускных газов используют в газовой турбине для привода турбокомпрессора [3]. Но даже после газовых турбин в выпускных газах ДВС содержится большое количество тепловой энергии, которое чаще всего выбрасывается в окружающую среду. В редких случаях остаточное тепло выпускных газов, а также тепловая энергия системы охлаждения ДВС используется для подогрева воды. Далее подогретая вода используется в бытовых нуждах как для отопления, так и для горячего водоснабжения [4]. Использование тепловых потерь ДВС в бытовых нуждах актуально для стационарных ДВС или электрогенераторов. Для ДВС мобильных транспортных средств такое использование тепловых потерь возможно только во время стоянки, что редко применяется на практике в связи с технологическими затруднениями. Как правило, тепловая энергия выпускных газов и системы охлаждения выбрасывается в атмосферу. Стоит заметить, что тепловое преобразование ДВС мобильных транспортных средств не так велико, а суммарные тепловые потери могут достигать 50–70% от всей тепловой энергии топлива. В связи с этим возникает потребность утилизации потерянной тепловой энергии с получением дополнительной механической энергии.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о необходимости создания комбинированной энергосиловой установки, способной использовать тепловую энергию выпускных газов ДВС для создания дополнительной механической энергии. Очевидно, что для преобразования утерянной ДВС тепловой энергии в механическую энергию вращения вала требуются двигатели с внешним подводом тепла. Таковыми являются паровые двигатели и двигатели Стирлинга.

Двигатель Стирлинга имеет достаточно хорошие массово габаритные показатели и приемлемое тепловое преобразование при больших перепадах температур. Так как необходимо преобразовать тепло не только выпускных газов, но и системы охлаждения, которая имеет рабочую температуру 70–120°C, то «двигатель Стирлинга» исключается.

Паровые двигатели с применением современ-

ных материалов и технологий можно сделать достаточно компактными и легкими без существенного удорожания. Причем применение закрытого парового цикла и роторного парового двигателя позволит существенно повысить КПД. Рабочие характеристики парового двигателя позволят синхронизировать вал ДВС с валом парового двигателя без различных сложных узлов и приспособлений. Применение в качестве рабочего тела углеводородов с низкой температурой кипения позволит снизить рабочую температуру парового двигателя до температуры охлаждающей жидкости ДВС. Такое конструктивное решение позволит использовать тепловую энергию из системы охлаждения ДВС, при этом сохранит рабочее давление и соответственно коэффициент теплового преобразования двигателя с внешним подводом тепла при низкой рабочей температуре. На рис. 1 приведена схема усовершенствования ДВС путем комбинирования его с паровым двигателем с замкнутым циклом.

Тепловая энергия выпускных газов передается системе охлаждения в теплообменнике 2, и суммарная тепловая энергия охлаждающей жидкостью передается парогенератору 3. В парогенераторе 3 тепло передается рабочему телу, которое в свою очередь при расширении в паровом двигателе совершает работу.

Механическая энергия парового двигателя может быть преобразована в электрическую энергию и использована в комбинированных электро-механических энергосиловых установках.

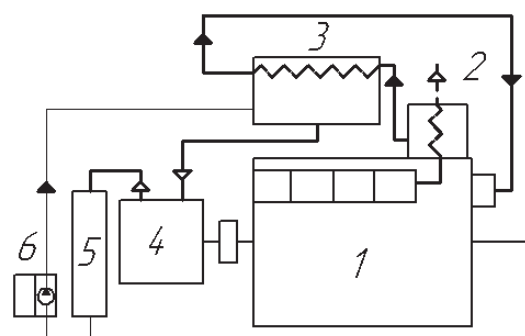


Рис. 1. Схема усовершенствованного двигателя внутреннего сгорания:
1 – ДВС, 2 – теплообменник выпускных газов, 3 – парогенератор, 4 – паровой двигатель, 5 – конденсатор рабочего тела, 6 – питательный насос

Стоит добавить, что усовершенствование существующих ДВС транспортных средств путем их комбинирования с низкотемпературным паровым двигателем позволит не только экономить топливо, но и улучшить тяговые характеристики.

Для оптимизации параметров низкотемпературного двигателя с внешним подводом тепла необходимо создать стенд с измерительным оборудованием, установленным на рабочий образец двигателя с внешним подводом тепла. На рис. 2 приведена схема стенда для измерения и оптимизации рабочих параметров низкотемпературного парового двигателя.

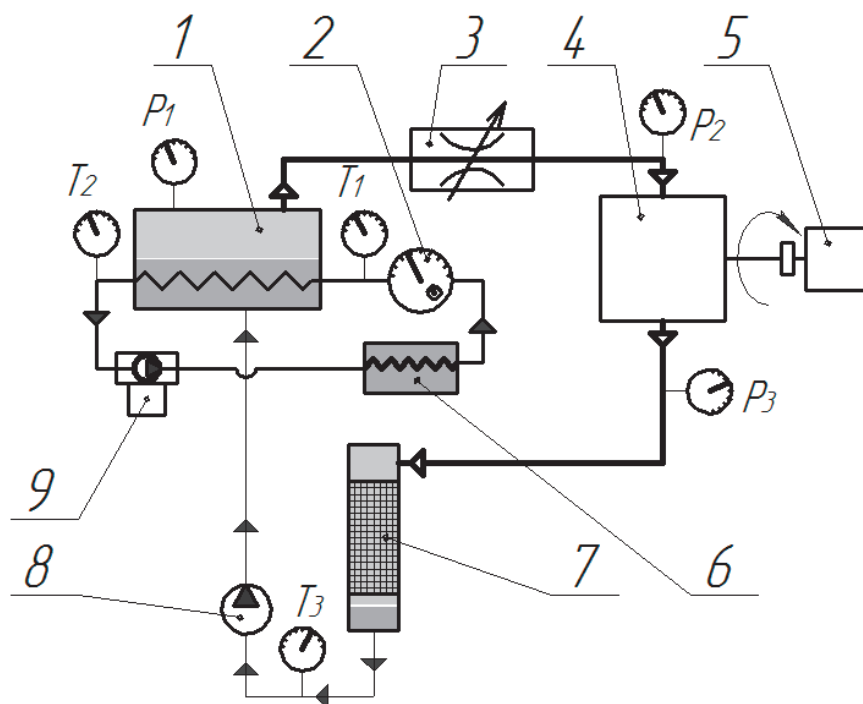


Рис. 2. Схема стенда для измерения и оптимизации параметров низкотемпературного парового двигателя:
1 – парогенератор, 2 – расходомер, 3 – дроссель, 4 – паровой двигатель, 5 – измеритель частоты вращения и момента двигателя, 6 – электрический нагреватель, 7 – конденсатор рабочего тела, 8 – питательный насос, 9 – циркуляционный насос, T1 – измеритель температуры жидкости на входе в парогенератор, T2 – измеритель температуры жидкости на выходе из парогенератора, T3 – измеритель температуры рабочего тела на выходе из конденсатора, P1 – измеритель давления в парогенераторе, P2 – измеритель давления на входе в двигатель, P3 – измеритель давления на выходе из двигателя

С помощью расходомера и измерителей температуры T1, T2, T3 (рис. 2) производятся измерения и составляется тепловой баланс парового двигателя. С помощью измерителя 5 измеряется вращающий момент и частота вращения парового двигателя, после чего производится расчет мощности и строится кривая мощности при различных режимах температур, расхода и нагружения.

Стенд позволяет оптимизировать рабочие параметры парового двигателя и ввести корректирующие коэффициенты, учитывающие конструктивные особенности в формулы расчета вращающего момента, мощности и теплового преобразования.

Стенд позволяет оптимизировать рабочие параметры парового двигателя и ввести корректирующие коэффициенты, учитывающие конструктивные особенности в формулы расчета вращающего момента, мощности и теплового преобразования.

Список литературы

1. Мартыновский В.С. Циклы, схемы и характеристики термотрансформаторов / Под ред. В.М. Бродянского. – М.: Энергия, 1979. – 288 с.
2. Умняшкин В.А., Филькин Н.М., Музафаров Р.С. и др. Выбор мощности тягового электродвигателя, двигателя внутреннего сгорания и параметров накопителей гибридных силовых установок автомобилей: Учебное пособие. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006. – 137 с.
3. Алексеев В.П., Воронин В.Ф., и др. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей / Под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
4. Лосев С.М. Паровые турбины и конденсационные устройства. – 10-е изд., перераб. – М.; Л.: Изд-во «Энергия», 1964. – 376 с.

УДК 658.382

ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

PROBLEMS OF ELECTROMAGNETIC SAFETY OF OPERATING ELECTRICAL RAILWAY

Ключевые слова: электромагнитные поля, безопасность, персонал, электроустановки, средства защиты, дозиметр магнитных полей.

Keywords: electromagnetic field, safety, personnel, installations, means of protection, the dosimeter magnetic fields.

Аннотация

Приводятся сведения о результатах моделирования и экспериментальных исследований параметров электромагнитных полей. Выполнена оценка дозы воздействия электромагнитных полей на разные категории персонала. Представлены результаты разработки технических средств снижения вредного воздействия электромагнитных полей: применение устройств контроля и сигнализации и дозиметра магнитных полей.

Annotation

Provides information about the results of simulation and experimental research of parameters of electromagnetic fields. The assessment of dose exposure to electromagnetic fields on different categories of personnel. Results of development of technical means of reducing the harmful effects of electromagnetic fields: the use of devices of control and signaling and dosimeter magnetic fields.

Белинский Станислав Олегович

Уральский государственный университет
путей сообщения,
доцент, канд. техн. наук, докторант кафедры
«Техносферная безопасность»,
тел. (343) 221-24-11, 922-208-29-47;
SBelinsky@usurt.ru

Большое значение в экономике страны имеют электрифицированные железные дороги, так как при протяженности около 50% от общей протяженности электрифицированными линиями выполняется более 80% объема перевозок. Эксплуатацию электроустановок (ЭУ) тягового электрооборудования – техногенных источников электромагнитного поля (ЭМП) – только в ОАО «РЖД» осуществляет эксплуатационный персонал численностью более 40 тыс. человек.

Персонал ЭУ тягового электроснабжения подвергается воздействию комплекса вредных факторов производственной среды (тяжесть и напряженность труда, неблагоприятный микроклимат, вредное воздействие ЭМП и др.), что сказывается на состоянии здоровья, производительности и безопасности труда.

Вредное воздействие ЭМП на персонал и повышение риска повреждения здоровья от этого фактора связано с длительным нахождением персонала в ЭУ разного класса напряжений и рода тока с резко изменяющимися уровнями напряженности магнитного поля промышленной частоты и ЭМП в диапазоне частот до 10 кГц на рабочих местах, возникающих в результате преобразования в устройствах тягового электроснабжения электрической энергии переменного тока в энергию выпрямленного тока. Проведенные отечественными и зарубежными специалистами медико-биологические исследования в последние десятилетия свидетельствуют о вредном воздействии ЭМП низкой частоты до 10 кГц, в том числе 50 Гц на организм человека. В результате такого

воздействия установлен повышенный уровень заболевания отдельных систем организма: сердечно-сосудистой, нервной, эндокринной, иммунной, а также риск возникновения онкологических заболеваний крови, головного мозга (лейкозы, глиомы, менингиомы) [1].

Безопасность труда и здоровье эксплуатационного персонала ЭУ тягового электроснабжения во многом зависит от степени вредного воздействия ЭМП промышленной частоты и частотой до 10 кГц.

В существующей системе электромагнитной безопасности критерием безвредности приняты предельно-допустимые уровни (ПДУ) параметров ЭМП, установленные для профессионального и непрофессионального воздействия. В нормативных документах России отсутствуют ПДУ, регламентирующие воздействие низкочастотного ЭМП в диапазоне частот более 50 Гц до 10 кГц.

Таблица 1
ПДУ для ЭМП в диапазоне частот от 100 Гц до 30 кГц

Диапазон частот, Гц	ПДУ E , кВ/м			ПДУ H , А/м		
	при воздействии					
	> 2 ч	до 2 ч	до 0,2 ч	> 2 ч	до 2 ч	до 0,2 ч
100	2,5	5	12,50	40	80	800
200	1,25	2,5	6,25	20	40	400
300-3000	0,8	1,6	4	15	30	270
3000-30000	0,5	1,0	1,5	10	20	100

В 2011 году появился проект нормативного документа – СанПиН «Гигиенические требования к физическим факторам производственной среды», разработанный специалистами НИИ «Медицины труда» РАМН. Этим документом впервые установлены ПДУ ЭМП для всего диапазона частот от 0 Гц до 30 кГц для профессионального воздействия на любых рабочих местах (табл. 1).

Позднее в 2013 году Ростпотребнадзором представлен проект СанПиН «Гигиенические требования к физическим факторам производственной и окружающей среды», который существенно меняет подход к оценке ЭМП и критерии ПДУ. Введен новый критерий нормирования – среднеквадратичное скорректированное значение напряженности электрического и магнитного полей (E_w , H_w). Методика определения среднеквадратичных скорректированных напряженностей электрического и магнитного полей приведена в документе.

Предельно допустимые уровни на рабочих местах лиц, профессионально связанных с эксплуатацией и обслуживанием в производственных условиях источников ЭМП в диапазоне частот 30 Гц-3 кГц, представлены в табл.2.

При этом ПДУ синусоидальных ЭМП частотой 50 Гц устанавливаются аналогично, как и в действующем сегодня СанПиН [2].

В случае воздействия на работников ЭМП в нескольких декадных полосах частот гигиеническая оценка электромагнитной обстановки проводится с учетом следующего условия:

$$\sum_{f=30\text{ Гц}}^{3\text{ кГц}} \frac{E_f}{E_{\text{ПДУ}f}} \leq 1, \quad \sum_{f=30\text{ Гц}}^{3\text{ кГц}} \frac{H_f}{H_{\text{ПДУ}f}} \leq 1,$$

где E_f и H_f – измеренные или рассчитанные значения среднеквадратичных скорректированных напряженностей электрического или магнитного полей в декадной полосе частот,

$E_{\text{ПДУ}f}$ и $H_{\text{ПДУ}f}$ – ПДУ среднеквадратичных скорректированных напряженностей электрического или магнитного полей в декадной полосе частот.

С точки зрения нормирования ПДУ ЭМП важно отметить рекомендации Международной комиссии по защите от неионизирующих излучений (ICNIRP - *International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection*) [3], содержащие ПДУ параметров ЭМП частот, для которых в России отсутствуют нормативы. Так, например, для частоты 100 Гц ПДУ составляет 5 кВ/м и 200 А/м (250 мкТл), для частоты 200 Гц – 2,5 кВ/м и 125 мкТл и т.д. пропорционально частоте.

Для оценки электромагнитной безопасности персонала ЭУ тягового электроснабжения был выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований уровней напряженности электрического и магнитного полей частотой 50 Гц и более на рабочих местах персонала контактной сети (КС) переменного тока промышленной частоты напряжением 25 кВ и тяговых подстанциях (ТП) постоянного и переменного тока. С помощью расчета математических моделей путем компьютерного моделирования выполнены расчеты параметров постоянного электрического и магнитного полей, переменного ЭМП частотой 50 Гц и магнитного поля (МП) частотой выше 50 Гц для разных рабочих зон персонала с помощью программы EFC-400PS. Экспериментальные исследования параметров ЭМП частотой 50 Гц и более, воздействующих на персонал ЭУ тягового электроснабжения проводились на Свердловской и Южно-Уральской железных дорогах – филиалах ОАО «РЖД» [4-7].

Расчеты электрического поля (ЭП) от КС постоянного тока показали, что для однопутного уча-

Таблица 2
ПДУ среднеквадратичного скорректированного значения напряженности электрического и магнитного полей в диапазоне частот 30 Гц – <3 кГц

Декадная полоса частот, f	ПДУ E_w , кВ/м		ПДУ H_w , А/м	
	Воздействие более 2 ч	Воздействие до 2 ч	Воздействие более 2 ч	Воздействие до 2 ч
30 – < 300 Гц	2,75	5,5	55	270
300 – < 3 000 Гц	0,6	1,2	12	25

стка на перегоне при наличии человека на уровне головы напряженность достигает 0,6-0,8 кВ/м. Эти значения значительно ниже ПДУ (в течение всей смены 20 кВ/м). При наличии большого количества путей, например, на многопутных станциях, напряженность несколько увеличивается и на уровне головы человека может составлять до 1 кВ/м. Уровни индукции постоянных МП под КС в случае, когда ток максимален, составляют 1 600–2 400 мкТл, что ниже ПДУ для воздействия в течение всей смены для персонала (10 000 мкТл). Моделирование распределения напряженности ЭП контактной сети 50 Гц на высоте 1,8 м показало, что уровни составляют 1,5-4 кВ/м, при этом максимальные значения достигаются на уровне головы человека. Рассмотрены случаи, когда на двухпутном участке отсутствует напряжение одного пути (рис. 1).

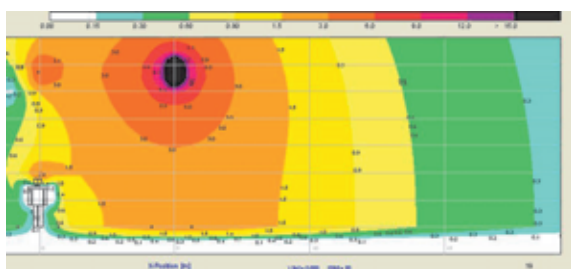


Рис. 1. Распределение напряженности ЭП 50 Гц КС переменного тока двухпутного участка при наличии напряжения на одном пути, кВ/м

Видно, что голова персонала в случае наличия напряжения только одного пути находится в ЭП ПЧ напряженностью от 0,9 до 3 кВ/м. При нахождении персонала на уровне контактного провода отключенной подвески (на опоре, изолирующей вышке, площадке автотрикры) он будет подвергаться ЭП ПЧ более 6 кВ/м, а вблизи контактного провода под напряжением – более 16 кВ/м.

На крупных станциях персонал может находиться на путях при наличии большого количества контактных подвесок, в таком случае уровень напряженности ЭП достигает значения под крайними проводами до 4 кВ/м, в середине – до 8 кВ/м, что превышает в отдельных случаях норму как для персонала обслуживающего ЭУ, так и для других категорий персонала.

Аналогичные результаты получены для магнитной составляющей ЭМП промышленной частоты. Установлено, что на высоте 1,8 м на расстоянии от оси пути 2 м индукция составляет более 200 мкТл, непосредственно на оси пути более 300 мкТл. Вблизи рельса и контактного провода индукция может достигать значений более 500 мкТл.

На рис.2 показано распределение индукции МП ПЧ на персонал, когда напряжение с одного пути снято и персонал находится вдали от частей под напряжением.

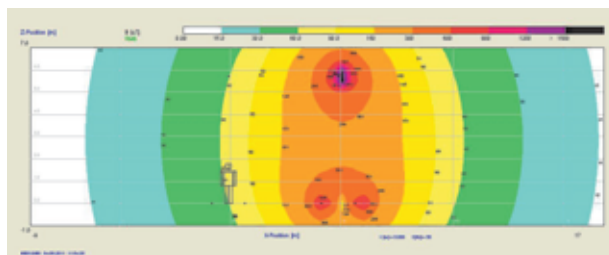


Рис. 2. Распределение индукции МП ПЧ двухпутного участка КС при отключении одного из путей

Персонал, обслуживающий КС, другие категории персонала (работники путевого хозяйства, хозяйства СЦБ и др.) подвергаются воздействию индукции МП 60-90 мкТл. При этом индукция МП незначительно меняется по высоте.

Экспериментальные исследования показали, что напряженность ЭП 50 Гц на высоте 1,8 м в рабочей зоне персонала контактной сети не превышает уровень 5 кВ/м для персонала ЭУ, около 50% области занимает территория с напряженностью более 1 кВ/м. Максимальные значения наблюдаются в середине пролета по оси пути непосредственно под контактным проводом и достигают на высоте 1,8 м значения напряженности 2,4 кВ/м. На рис.3 представлена зависимость напряженности ЭП 50 Гц по высоте от уровня головки рельса до контактного провода. На высоте 3,5 м уровень напряженности превышает 5 кВ/м и максимальное значение напряженности ЭП наблюдается вблизи контактного провода в непосредственной зоне нахождения персонала при работе под напряжением и составляет 20 кВ/м, т.е. нахождение персонала на изолирующей вышке или рабочей площадке автодрезины должно ограничиваться в соответствии с нормами временем 10 мин в смену. Это без учета наличия шунтирующих штанг. Указанные значения соответствуют полученным теоретическим значениям (расхождение не более 10 %)

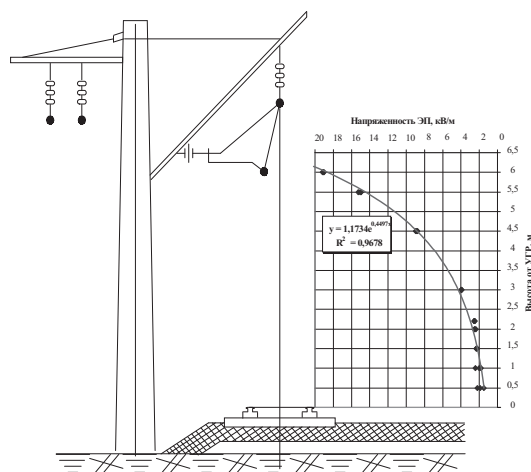


Рис. 3. Зависимость напряженности ЭП 50 Гц по высоте в середине пролета КС

Исследования изменения напряженности МП ПЧ близи КС позволили построить зависимость напряженности от величины тягового тока (рис. 4).

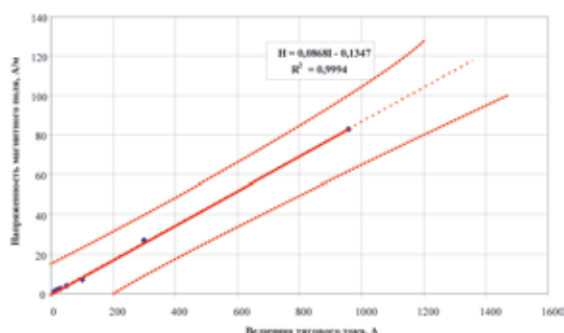


Рис. 4. Зависимость напряженности МП 50 Гц на высоте 1,8 м на расстоянии 2 м от оси пути

Из рис. 4 видно, что превышение уровня напряженности МП, равного 80 А/м, наблюдается при токе тяги 950 А. На оси пути под контактным проводом значения напряженности МП будут выше при той же токовой нагрузке, а при работе под напряжением ввиду незначительного расстояния персонала от контактного провода (менее 50 см) напряженность МП ПЧ может достигать зна-

чений порядка 300 А/м и выше, при этом персонал подвергается и воздействию и ЭП ПЧ и МП ПЧ. Сравнение с теоретическими расчетами (рис. 2) показывает, что на расстоянии 2 м от оси пути при токе 1000 А значение напряженности МП составляет 90-120 А/м, расхождение составляет не более 20%.

Учитывая, что ТП преобразуют переменный ток в постоянный (и наоборот, в случае применения инверторных преобразователей), а также из-за несимметрии и несинусоидальности питающего напряжения в цепях тока возникают гармонические составляющие частотой 100, 200, 300, 600, 900 Гц и др.

С помощью анализатора ЭМП EFA-300 (Narda Safety Test Solutions, Германия) были проведены экспериментальные исследования спектральных характеристик, гармонического анализа, а также изменения параметров ЭМП во времени в ЭУ ТП. На рис.5 показана спектральная характеристика напряженности ЭП под шинным мостом ТП.

В результате длительных наблюдений были получены спектральные характеристики индукции МП при разном тяговом токе. Так, на рис. 6 представлена спектральная характеристика индукции МП под шинным мостом тяговой подстанции при токе тяги 1400 А.

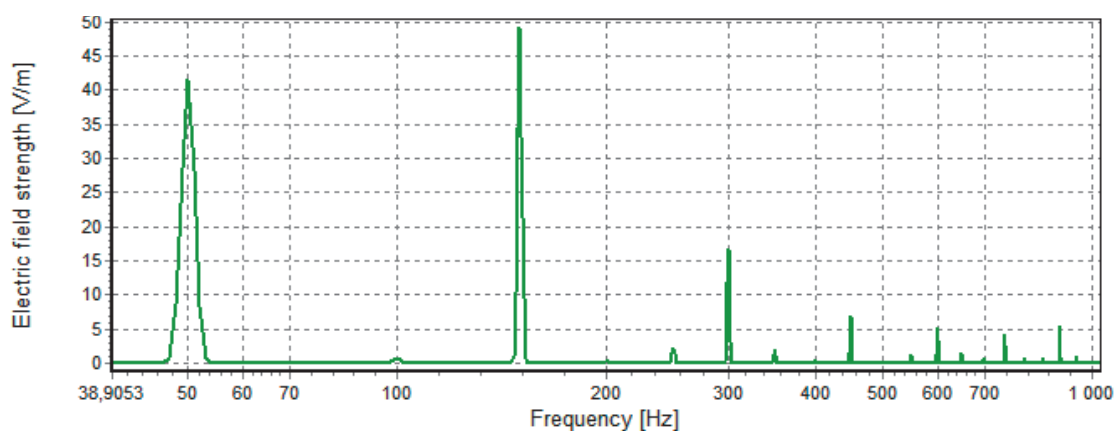


Рис. 5. Спектр напряженности ЭП под шинным мостом между преобразователем и ячейками 10 кВ

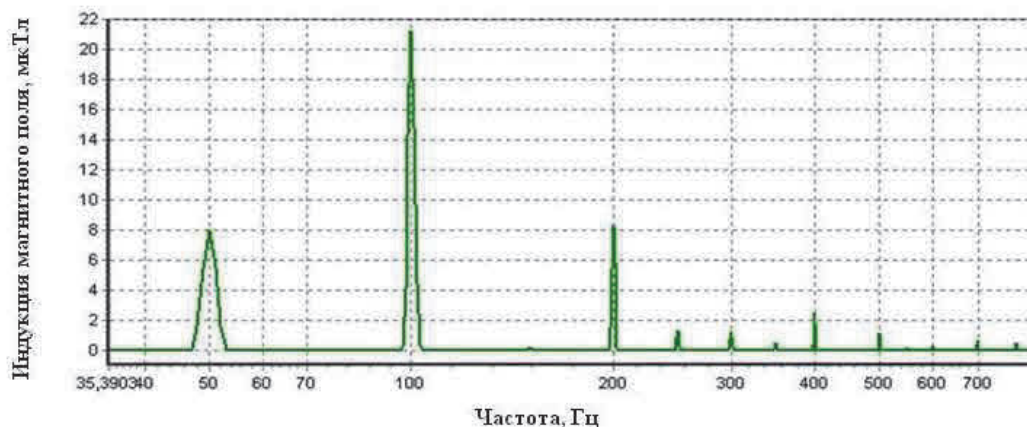


Рис. 6. Спектр индукции МП в диапазоне при токе тяги 1400 А

По спектральной характеристике видно, что преобладает амплитуда частотой 100 Гц, а амплитуда индукции частотой 200 имеют близкие по амплитуде значения с частотой 50 Гц и составляют от 1 до 9 мкТл в зависимости от тока. В результате анализа спектральных характеристик при разных токах установлено, что при изменении тягового тока значительно меняются параметры МП.

Теоретические и экспериментальные исследования МП под шинами 3,3 кВ показали, что, например, значение индукции МП частотой 100 Гц составляет 5-20 мкТл.

Исследования МП вблизи ячейки 3,3 кВ при разных токах показали, что в течение отдельных рассматриваемых в эксперименте интервалов времени амплитуда индукции МП может изменяться в широких пределах, от единиц мкТл (при небольших тяговых токах) до достаточно высоких уровней до 30 мкТл при токах 1000 А. В отдельных рабочих зонах индукция МП на частоте 300 Гц достигает 100 мкТл и более (например, вблизи и в помещении реакторной)(рис.7).

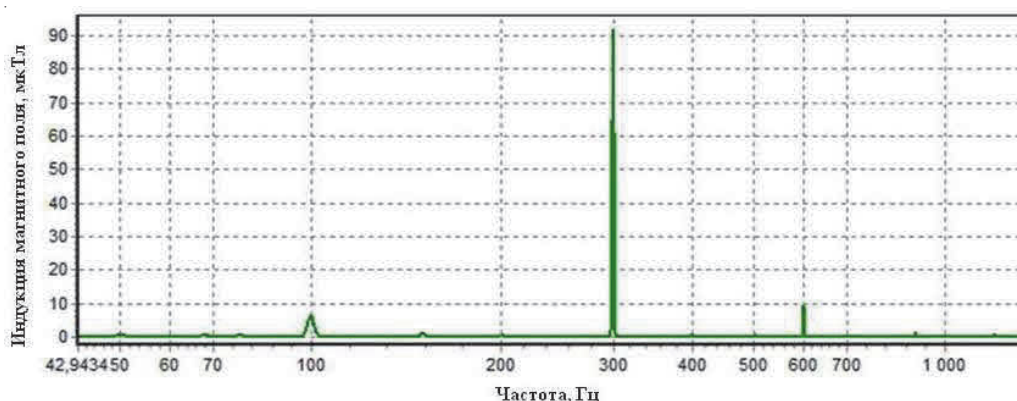


Рис.7. Спектр индукции МП в помещении реакторной

С целью оценки электромагнитной безопасности персонала электрифицированного транспорта были определены ежедневные средневзвешенные значения параметров ЭМП (табл. 3).

Таблица 3

Средневзвешенные ежедневные значения параметров ЭМП в ЭУ тягового электроснабжения для обслуживающего персонала

Параметры ЭМП	Контактная сеть переменного тока		Контактная сеть постоянного тока		Тяговые подстанции переменного тока	Тяговые подстанции постоянного тока
	на высоте 1,8 м	на высоте контактного провода	на высоте 1,8 м	на высоте контактного провода		
Индукция постоянного магнитного поля B , мкТл	—	—	400	2000	—	300
Напряженность электрического поля 50 Гц, E , кВ/м	1,9	4	0,1	0,3	4	0,05
Индукция магнитного поля 50 Гц, B , мкТл	35	300	1,0	3	60	6
Индукция магнитного поля 100 Гц, B , мкТл	—		1		—	15
Индукция магнитного поля 200 Гц, B , мкТл			< 0,1		—	5
Индукция магнитного поля 300 Гц, B , мкТл			1		—	55
Индукция магнитного поля 400 Гц, B , мкТл			< 0,1		—	1,5

Обобщив результаты исследований, можно сделать вывод: на рабочих местах персонала ЭУ тягового электроснабжения присутствуют ЭМП широкого спектра частот, постоянные МП, ЭМП промышленной частоты, ЭМП с частотой более 50 Гц до 1 кГц с выделением таких частот как 100, 200, 300, 400, 600 Гц. В отдельных рабочих зонах персонала уровни ЭМП близки к ПДУ или превышают их. При этом индукция МП разной частоты значительно меняется во времени в зависимости от величины тягового тока.

Расчет дозы воздействия ЭМП на персонал [8] показал, что условная доза МП частотой 300 Гц превышает дозу ПДУ в несколько раз. На участках постоянного тока оперативно-ремонтный персонал имеет суммарный коэффициент дозы наибольший, на участках переменного тока – персонал КС (рис. 8).

С целью учета и снижения вредного воздействия

ЭМП на персонал ЭУ разработаны технические средства защиты. На рис. 9 а представлена схема устройства для осуществления способа определения параметров и сигнализации превышения допустимого уровня вредного воздействия ЭМП в ЭУ [9]. Такое устройство может применяться в любых ЭУ, имеющих измерительные трансформаторы, где необходима защита персонала от воздействия ЭМП. По результатам исследований установлено, что для объективной оценки влияния на персонал магнитных полей необходим индивидуальный контроль как интенсивности, так и продолжительности воздействия – фактической дозы магнитного поля. Разработано устройство для непрерывного контроля во времени суммарной дозы магнитного поля частотой 50 Гц [10], устройство получило название – дозиметр магнитных полей частотой 50 Гц ДМП-05 (рис. 9 б).

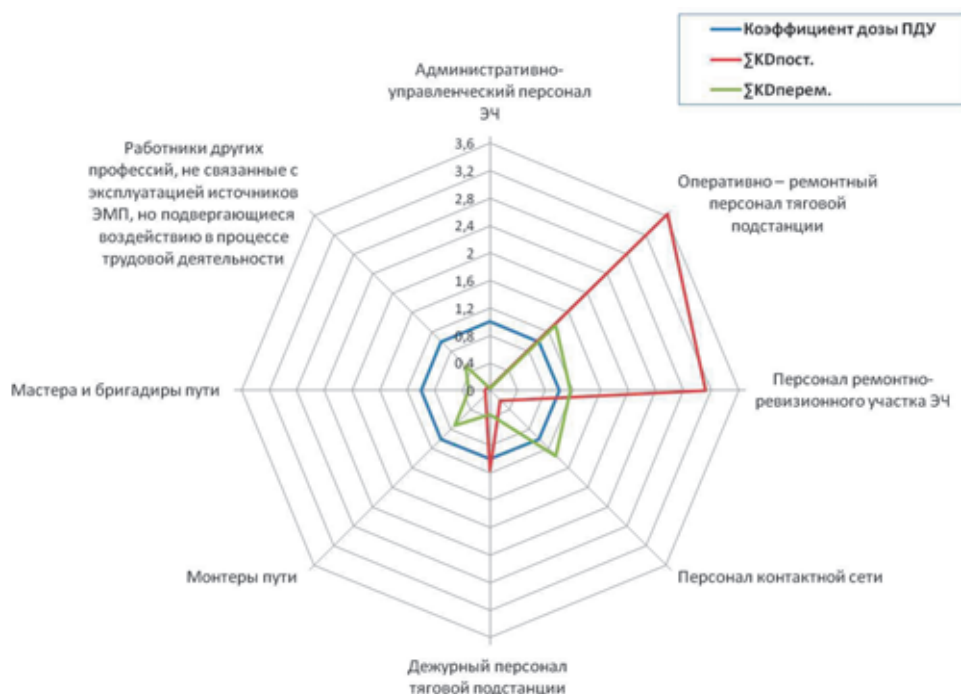


Рис. 8. Козэффициент дозы МП (фактический и ПДУ) для разных категорий персонала

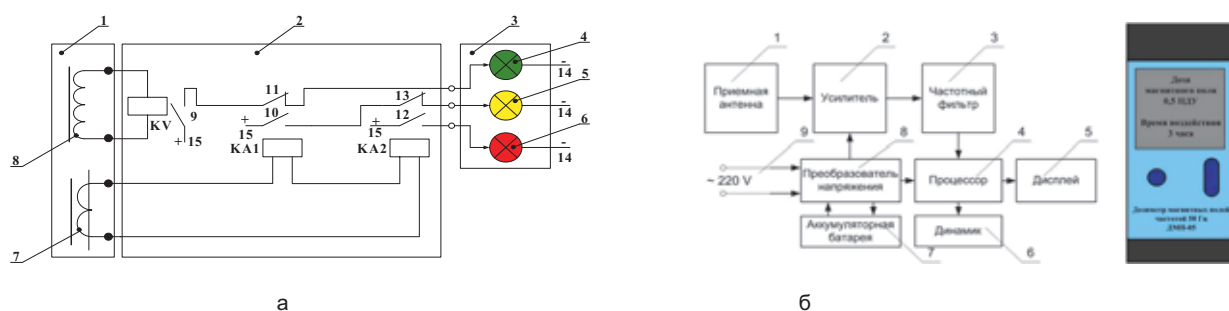


Рис. 9. Схема стационарного устройства сигнализации (а); внешний вид индивидуального устройства ДМП-05 (б)

На рис. 9,а обозначены: 1 – блок подключения; 2 – блок контроля и срабатывания; 3 – блок сигнализации; 4, 5, 6 – индикаторы; 7, 8 – вторичная обмотка измерительных трансформаторов; 9-13 – блок-контакты реле; 14 и 15 – источник питания.



Рис. 10. Варианты установки стационарного устройства контроля и сигнализации тяговой подстанции

Конструкция предлагаемого устройства ДМП-05 позволяет использовать его как мобильное индивидуальное для каждого работника устройство и обеспечивает учет вредного воздействия магнитного поля, а также контроль времени допустимого воздействия (рис. 10).

Применение указанных устройств обеспечивает непрерывный контроль и предупреждение персонала соответственно о допустимом и вредном воздействии ЭМП на рабочих местах.

Список литературы

1. МР 2.1.10.0061-12. 2.1.10. Методические рекомендации. Состояние здоровья населения в связи с состоянием окружающей природной среды и условиями проживания населения. Оценка риска для здоровья населения при воздействии переменных электромагнитных полей (до 300 ГГц) в условиях населенных мест. – Введ. 2012–04–13. – М.: Технорматив, 2012. – 29 с.
2. СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России. – 2011. – 38 с.
3. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics № 74(4). – 1998. – P. 494-522;
4. Белинский С.О. Электромагнитная совместимость электроустановок тягового электроснабжения и обслуживающего персонала: Монография. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2008. – 142 с.
5. Белинский С.О., Кузнецов К.Б. Оценка параметров электромагнитных полей низкочастотного диапазона в электроустановках тягового электроснабжения // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. – Вып. 17. – № 16 (275). – 2012. – С. 62-69.
6. Белинский С.О., Кузнецов К.Б. Оценка параметров электромагнитных полей частотой 50 Гц в РУ-3,3 кВ тяговых подстанций // Безопасность жизнедеятельности. Приложение. – М.: Изд-во Новые технологии. – № 7. – 2012. – С. 12-17.
7. Белинский С.О. Электромагнитная безопасность тяговых подстанций. Семинар докторантов УрГУПС: сб. науч. докл. / Под науч. ред. С.П. Баутина. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2013. – С. 23-46.
8. Белинский С.О. Проблемы оценки профессионального риска при воздействии электромагнитных полей частотой 50 Гц и выше на персонал железнодорожного транспорта // Охрана и экономика труда. – М.: ФГБУ ВНИИ охраны и экономики труда Минтруда России. – 2014. – № 1 (14). – С. 36-48.
9. Белинский С.О., Кузнецов К.Б. Способ определения параметров магнитного поля электроустановок и устрой-

ство для его осуществления. Пат. 2310875 С1, МКП G01R 29/08 G01R 33/00 // Открытия. Изобретения – 2007. – № 32.

10. Белинский С.О. Устройство для непрерывного контроля во времени суммарной дозы магнитного поля частотой 50 Гц. Заявка на получение пат. 2014108904 Рос. Федерация, приоритет от 06.03.2014.

УДК 621.31

ПЛАНИРОВАНИЕ СТЕНДОВЫХ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ УПОРНОГО ПОДШИПНИКОВОГО УЗЛА И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ

BENCH TESTS RESOURCE PLANNING THRUST BEARING UNIT AND TECHNIQUE OF DATA PROCESSING

Ключевые слова: планирование эксперимента, упорный подшипниковый узел.

Keywords: design of experiments, thrust bearing assembly.

Аннотация

Планирование стендовых ресурсных испытаний упорного подшипникового узла в подвижном составе железнодорожного транспорта связано с обеспечением работоспособности погружного электродвигателя, который влияет на инфраструктуру на этапах жизненного цикла предприятия.

Annotation

Planning bench endurance tests thrust bearing assembly in the national rail transport and connected with providing working capacity submersible motor, which affects the infrastructure for the lifecycle of the enterprise.

Буторин Владимир Андреевич

Челябинская государственная агроинженерная академия,
профессор, д-р техн. наук,
тел. 89507390231; butorin_chgau@list.ru

Гусейнов Руслан Тофикович

Челябинская государственная агроинженерная академия,
ассистент,
тел. 89514809855; ruslan-ural8@mail.ru

Юлбаев Ренальд Вахитович

Челябинская государственная агроинженерная академия,
магистрант,
тел. 89043061824; butorin_chgau@list.ru

Силков Максим Сергеевич

Челябинская государственная агроинженерная академия,
студент,
тел. 89090844711; serious_lod@mail.ru

Планирование стендовых износных испытаний упорного подшипникового узла состоит из следующих основных этапов: выбора параметра оптимизации факторов и уровней их варьирования; кодирования факторов; составления матрицы планирования эксперимента; реализации плана эксперимента; проверки однородности дисперсии параллельных опытов, их воспроизводимости; расчетов коэффициентов регрессии, их ошибок и значимости, а также проверки адекватности полученной модели [3].

Для составления матрицы планирования многофакторного эксперимента необходимо привести выделенные факторы к единой системе исчисления путем перехода от действительных значений факторов к кодированным, так как факторы не однородны и имеют различные порядки. Кодирование факторов производится по выражению [1; 2; 3; 4]:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (1)$$

где x_i – кодированное значение фактора;

X_i – натуральное значение фактора;

X_{i0} – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

ΔX_i – интервал варьирования.

Построение плана сводится к стандартной форме записи условий проведения экспериментов в виде таблицы, в которой строки соответствуют независимым различным опытам, а столбцы – значениям условно обозначенных верхнему и нижнему уровню факторов, соответственно «+1» и «-1» [1; 2; 3; 4].

При планировании многофакторного эксперимента выделенные основные эксплуатационные факторы выражаются в кодовых обозначениях. Например, для погружных электродвигателей \pm кодовые значения факторов, влияющих на интенсивность изнашивания их упорных подшипниковых узлов, приведены в табл. 1 [1;3]

При планировании износных испытаний широко используется матрица ортогонального центрального композиционного трехфакторного пла-

нирования эксперимента, которая приведена в таблице 3;3 [3; 4].

По результатам каждого опыта в соответствующие столбцы матрицы планирования записывается скорость изменения параметра технического состояния элементов упорного подшипникового узла при наработке, равной единице, которая рассчитывалась по формуле 3.6. [3].

После реализации матрицы планирования эксперимента проводится обработка полученных экспериментальных данных, представленных по скорости изменения параметра технического состояния элементов упорного подшипникового узла. Обработка выполняется согласно известным методикам [1; 2; 3; 4] и включает следующие этапы: расчет коэффициентов уравнений регрессии, проверка воспроизводимости опытов, проверка значимости коэффициентов регрессии и проверка адекватности полученной модели [3].

Уравнение регрессии интенсивности изнашивания упорного подшипникового узла имеет вид:

$$y_{t=1} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \cdot x_i + \sum_{i < j}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} (x_i)^2 + \dots \quad (2)$$

Коэффициенты описанного выше полиномиального выражения находятся формулам:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^N y_u}{N} - \beta \sum_{i=1}^N b_{ii}, \quad (3)$$

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} \bar{y}_u}{N}, \quad (4)$$

$$b_j = \frac{\sum_{u=1}^N x_{ju} \bar{y}_u}{\sum_{j=1}^N x_{ji}^2}, \quad (5)$$

$$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u}{N}, \quad (6)$$

$$b_{ii} = \frac{\sum_{u=1}^N (x_{iu}^2 - \beta) \bar{y}_u}{2^n (1 - \beta)^2 + 2(\alpha^2 - \beta)^2 + (2n - 1)\beta^2}, \quad (7)$$

где $i = 1, 2, \dots, k$; $j = 2, 3, \dots, k$;

n – количество факторов;

y_u – среднее арифметическое значение скорости изменения параметра технического состояния $y_{t=1}$ для одного u -го опыта при m повторных;

Таблица 1
Эксплуатационные факторы в кодовых обозначениях [1; 3]

Наименование факторов	Единица измерения	Кодированное обозначение
Содержание песка (А)	мг/дм ³	x_1
Содержание железа (п)	мг/дм ³	x_2
Величина напряжения (U)	В	x_3

x_{iu} – значение фактора x_i в u -м опыте.

$$\beta = \sqrt{\frac{N_0}{N}}, \quad (8)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{\sqrt{N_0 - N} - N_0}{2}}, \quad (9)$$

где N – общее количество строк в матрице планирования эксперимента;

N_0 – число опытов в ядре плана полного факторного эксперимента.

Проверку воспроизводимости опытов следует производить по критерию Кохрена [1; 2; 3; 4].

$$G_{\max} = \frac{S_{u\max}^2}{\sum_1^N S_u^2}, \quad (10)$$

где $S_{u\max}^2$ – максимальная дисперсия в отдельных опытах;

S_u^2 – дисперсия в u -м опыте.

При вычислении критерия Кохрена для каждого опыта находится дисперсия по формуле [1; 2; 3; 4].

$$S_u^2 = \frac{\sum_1^m (y_{ui} - \bar{y}_u)^2}{m - 1}, \quad (11)$$

где y_u – значение скорости изменяемого параметра технического состояния элементов упорного подшипникового узла в u -й строке i -го параллельного опыта;

m – число повторных опытов.

При значении критерия G_{\max} меньше

G_{\max} со степенями свободы $f_1 = m - 1$ и $f_2 = N$ гипотеза об однородности дисперсий принимается.

Проверка статистической значимости коэффициентов регрессии проверяется по величине доверительного интервала

$$\Delta b_i = t_{kp} S_{bi}, \quad (12)$$

где t_{kp} – критическое значение критерия Стьюдента для числа степеней свободы $N(m - 1)$ и на принятом уровне значимости;

S_{bi} – ошибки коэффициентов регрессии.

Ошибки $S_{(bi)}$ всех коэффициентов регрессии в полнофакторных планах равны между собой и находятся из выражения [1; 2; 3; 4].

$$S_{(bi)} = \frac{S_{(y)}}{\sqrt{Nm}}, \quad (13)$$

где $S_{(y)}$ – ошибка эксперимента.

Значение $S(y)$ равно:

$$S_{(y)} = \sqrt{S_{(y)}^2} = \sqrt{\frac{\sum_1^N S_u^2}{N}}, \quad (14)$$

где $S_{(y)}^2$ – дисперсия воспроизводимости.

Ошибки коэффициентов регрессии полиномов ортогонального центрального композиционного плана второго порядка рассчитываются по формулам [1; 2; 3; 4].

$$S_{(bi)} = \sqrt{\frac{S_{(y)}^2}{2^n + 2\alpha^2}}, \quad (15)$$

$$S_{(bij)} = \sqrt{\frac{S_{(y)}^2}{2^n}}, \quad (16)$$

$$S_{(b_0)} = \sqrt{\frac{S_{(y)}^2}{N}}, \quad (17)$$

$$S_{(b_0)} = \sqrt{S_{(b_0)}^2 + \beta \sum S_{(bii)}^2}, \quad (18)$$

$$S_{(bii)} = \sqrt{\frac{S^2}{2^n(1 - \beta)^2} + 2(\alpha^2 - \beta^2) + (2n - 1)\beta^2}. \quad (19)$$

Коэффициент регрессии значим, если его абсолютное значение больше величины доверитель-

ного интервала, рассчитанного согласно зависимости (12).

Проверка адекватности модели проводится по критерию Фишера [1; 2; 3; 4].

$$F_{расч} = \frac{S_{ад}^2}{S_{(y)}^2}, \quad (20)$$

где $S_{ад}^2$ – дисперсия адекватности, которая находится из выражения

$$S_{ад}^2 = \frac{m \sum_{i=1}^N (\bar{y}_i - y_i)^2}{N - d}, \quad (21)$$

где d – число значимых коэффициентов уравнения регрессии модели;

y_i – значение скорости изменения параметра технического состояния исследуемого элемента, вычисленное по уравнению регрессии для условий i -го опыта.

Полученное значение $F_{расч}$ сравниваем с табличным со степенями свободы $f_{числ} = N - d$ и $f_{зн} = N(m - 1)$ при уровне значимости $q = 0.05$.

При $F_{расч} < F_{табл}$ считается, что полученная модель соответствует результатам испытаний [1; 2; 3; 4].

Таким образом, приведенная методика планирования стендовых испытаний упорных подшипниковых узлов позволяет получить полиномиальное выражение интенсивности изменения параметров этих узлов в зависимости от воздействующих эксплуатационных факторов и в дальнейшем произвести оценку их ресурса.

Список литературы

1. Адлер Ю.П. и др. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
2. Алешкин В.Р., Мельников С.В., Роцин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
3. Девятков В.Д. Прогнозирование ресурса контактно-щеточных узлов капитально отремонтированных генераторов мобильных сельскохозяйственных машин: Дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2003.
4. Евдокимов Ю.А., Колесников В.Ч. Планирование и анализ экспериментов при решении задач трения и износа. – М.: Наука, 1980. – 228 с.

УДК 656.13

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ НА МУНИЦИПАЛЬНЫХ И ЧАСТНЫХ МАРШРУТАХ Г. ЧЕЛЯБИНСКА

QUALITY ASSESSMENT CARRIAGE OF PASSENGER ON MUNICIPAL AND PRIVATE ROUTES IN CHEL YABINSK

Ключевые слова: качество услуг, перевозка пассажиров, муниципальный транспорт, исследование, анкетирование.

Keywords: quality services, passenger transportation, municipal transport, research, surveys.

Аннотация

Проведен опрос населения г. Челябинска методом анкетирования с целью выявления степени удовлетворенности оказанием услуг пассажирским транспортом. В ходе анализа полученных данных выявлены основные показатели, повышение уровня которых приведет к улучшению качества оказания транспортных услуг в целом.

Annotation

Survey of the population of Chelyabinsk in order to identify level of satisfaction providing passenger transport services was conducted. Analysis of the data revealed the main indicators to assess the quality of transport services.

Васильева Марина Сергеевна

Южно-Уральский государственный университет, студент

Павлова Полина Витальевна

Южно-Уральский государственный университет, студент

Пьянкова Кристина Юрьевна

Южно-Уральский государственный университет, студент

Смолин Валерий Николаевич

Южно-Уральский государственный университет, доцент, канд. техн. наук, телефон/факс (351) 267-94-16; vms23.07@mail.ru

Вопросы качества перевозок пассажиров связаны с состоянием и функционированием системы по обслуживанию пассажиров в целом. В г. Челябинске, как и в России в целом, пассажиры перемещаются в основном общественным транспортом. При этом муниципальный транспорт иг-

рает важную роль в удовлетворении спроса на перевозки пассажиров в городах. К 2013 году на Южном Урале обеспеченность местных жителей личным автотранспортом увеличилась с 262 автомобилей на 1 тыс. человек (2010 год) до 347 машин. При быстро растущем числе личных автомобилей в г. Челябинске (на 1 млн 150 тыс. жителей приходится около 400 тыс. автомобилей, или в среднем один автомобиль на семью из трех человек) и ориентированности большинства населения на общественный транспорт, проблема качественного удовлетворения спроса на такие перевозки перерастает из транспортной в социальную, определяющую отношение населения не только к качеству транспортных услуг, но и в целом к настроению, царящему в обществе. Состояние городской транспортной системы является определяющим в обслуживании пассажиров как на муниципальных, так и на частных маршрутах.

Решение проблем, связанных с удовлетворением потребностей потребителей услуг, всегда связано с восприятием качества конкретной услуги или товара, поэтому очень важна характеристика уровня обслуживания пассажиров, проведенная с помощью методов социологии, которые позволяют измерить субъективные оценки пользователей, их мнение и отношение к данной услуге. Умение проводить исследования методами социологии очень важно для специалистов транспортной области, так как это обеспечивает сбор и анализ обширной по объему и значимости информации, позволяющей рассматривать проблему не только с технической, но и с социальной стороны.

Выбор направления развития России в сторону рыночных отношений и сопровождавшие это реформы существенно изменили городской транспорт и характер спроса на транспортные услуги. Произошла адаптация транспорта к экономической ситуации, однако состояние системы городского пассажирского транспорта нельзя считать ни рациональным, ни достаточно развитым. Поэтому вопросы степени удовлетворенности населения услугами по перевозке пассажиров на муниципальных и частных маршрутах в г. Челябинске и её оценочные показатели остаются мало изученными.

В наиболее общем виде социологическое исследование можно представить как систему логически последовательных методологических, методических и организационно-технических процедур, связанных одной целью – получить достоверную информацию о процессе перевозок пассажиров в городах. В данной работе представлено социологическое исследование на примере города Челябинска и его транспортной системы, обеспечивающее оценку оказания услуг по перевозке пассажиров общественным транспортом на муниципальных и частных маршрутах.

Общие требования к услугам пассажирского автомобильного транспорта в соответствии с

ГОСТ 30594-97/ГОСТ Р 51004-96. Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества включает следующие основные группы показателей качества по характеризующим ими потребительским свойствам пассажирских перевозок:

- показатели информационного обслуживания;
- показатели комфортности;
- показатели скорости;
- показатели своевременности;
- показатели сохранности багажа;
- показатели безопасности.

Показатели качества услуг являются комплексными показателями, в связи с чем оценить через результат оказания этих услуг практически невозможно, а так как их потребителями является население городов, то есть пассажиры, их удовлетворенность и будет определять уровень качества и составляющие комплексных показателей представленных в нормативных документах.

Определение удовлетворенности пассажиров качеством транспортных услуг вызывает трудности, связанные с тем, что зачастую потребитель не может четко сформулировать, как он понимает качество услуги, представляя её в самом общем виде на уровне эмоций и общего восприятия, а также с представлением этого понятия в виде его составляющих. При оценке потребителем качества предоставленного обслуживания уровень субъективизма выше, нежели при оценке качества товаров, как бы четко и стабильно не было организовано обслуживание, то есть работа муниципального транспорта. Разные пассажиры одно и то же обслуживание могут воспринимать и оценивать различно. Это означает, что у каждого пассажира свое собственное представление о качестве, и столкновение с таким представлением является случайным событием.

Для определения удовлетворенности пассажиров качеством услуг при анкетировании вопросы были сформулированы таким образом, чтобы получить объективный ответ на основную составляющую комплексного показателя качества услуги. Необходимо, чтобы эта составляющая была понятна населению и получила количественную оценку.

Таким образом, целью исследования стало выявление наиболее значимых компонентов показателей качества, их количественная оценка потребителями услуг и степень удовлетворенности этими значениями выделенных компонентов.

Объектом исследования являлось население города Челябинска, в возрасте от 16 лет, активно пользующихся городским общественным транспортом.

В качестве предмета исследования выступает уровень удовлетворенности пассажиров качеством услуг транспортного обслуживания в городе Челябинске. На рассмотрение были выдвинуты две гипотезы:

- качество услуг соответствует ожиданиям потребителей;

- качество услуг не соответствует ожиданиям потребителей.

В результате исследования, как предполагалось, одна из гипотез должна быть подтверждена, а другая опровергнута.

В ходе работы было опрошено 270 человек (рис.1) различных социальных групп, из них интернет-опросом – 190 человек, опросом на улицах города – 80 человек. К сожалению, 17 человек отказались отвечать на вопросы. Наиболее активно на опрос отвечали люди в возрасте от 18 до 25 лет.



Рис. 1. Возрастной состав опрошенных



Рис. 2. Социальные группы опрошенных

В результате опросов стало очевидно, что почти 70% населения ежедневно пользуются общественным транспортом. Более подробные результаты отображены на рис.3.

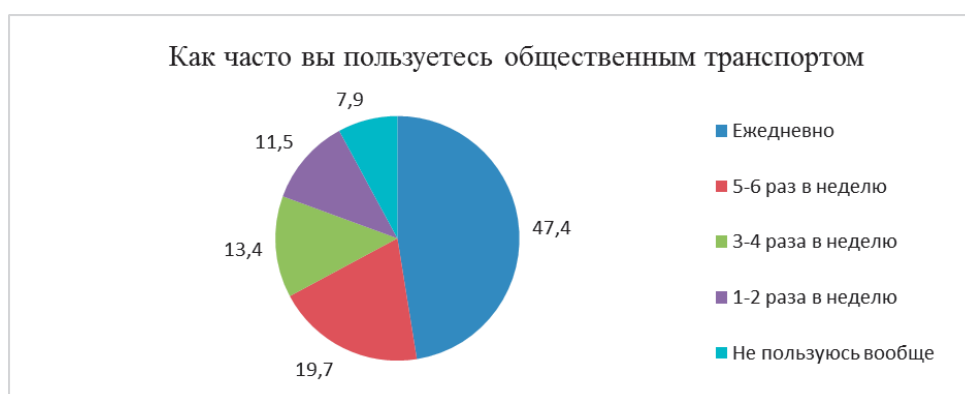


Рис. 3. Частота пользования городским общественным транспортом



Рис. 4. Предпочтения пассажиров по видам транспорта

При этом большинство предпочитают маршрутное такси другим видам транспорта. Более подробное процентное соотношение представлено на рис.4.

По результатам опроса, наиболее популярными оказались следующие маршруты: 78, 56, 3, 4, 15, 17, 76.

В среднем время ожидания подвижного состава удовлетворительное и не превышает 15 минут (рис. 5).



Рис. 5. Время ожидания транспортного средства

Обслуживание кондуктором в целом оценивается населением как удовлетворительное (рис.6).



Рис. 6. Оценка работы кондукторов

Опрос показал (рис.7), что период с 7:00 до 8:00 является проблемным в отношении наличия свободных мест в транспортном средстве, но основной массе отвечающих всё же удается уехать без длительных ожиданий.

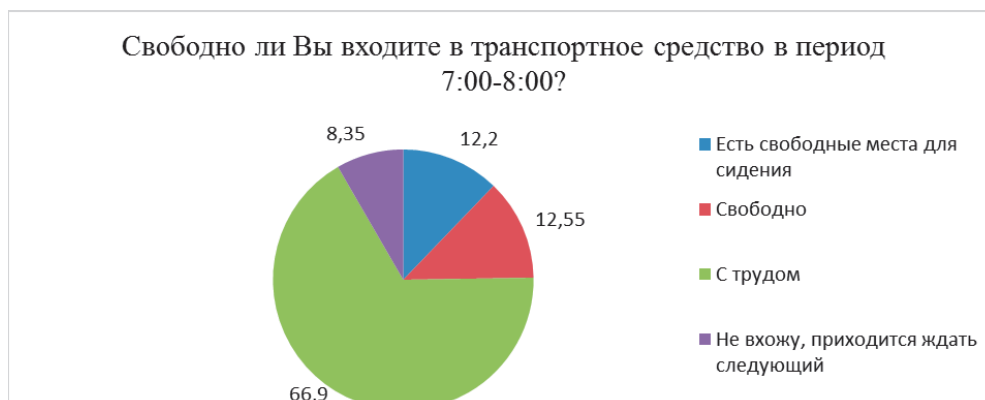


Рис. 7. Уровень загруженности транспорта в период с 7:00 до 8:00

Остановочные пункты, по результатам, находятся в пределах радиуса доступности (рис.8).



Рис. 8. Удаленность остановочных пунктов от места жительства

По результатам опроса, средняя продолжительность поездки составляет 15-30 минут (рис.9).

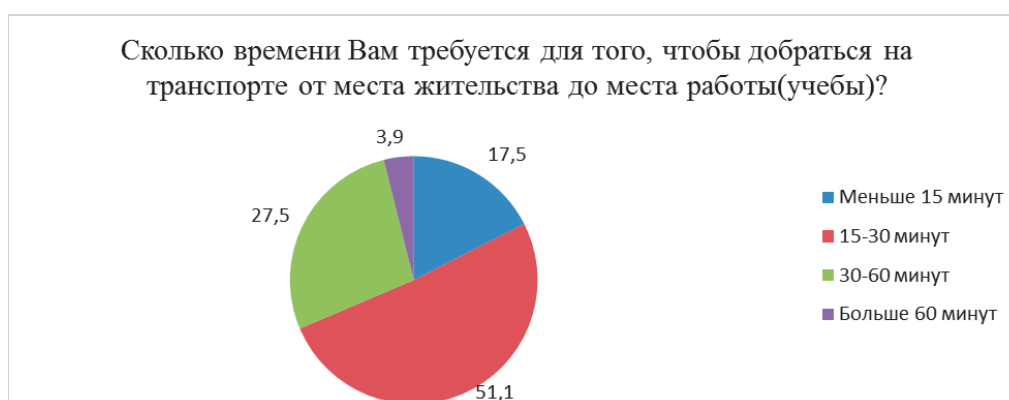


Рис. 9. Время на поездку от места до места работы/учебы

Никто из опрошенных не делает более одной пересадки, когда добирается до места работы (учебы). Результаты опроса представлены на рис. 10.



Рис. 10. Количество пересадок при проезде к месту работы/учебы

Больше половины опрошенных оказались недовольны стоимостью проезда (рис.11).

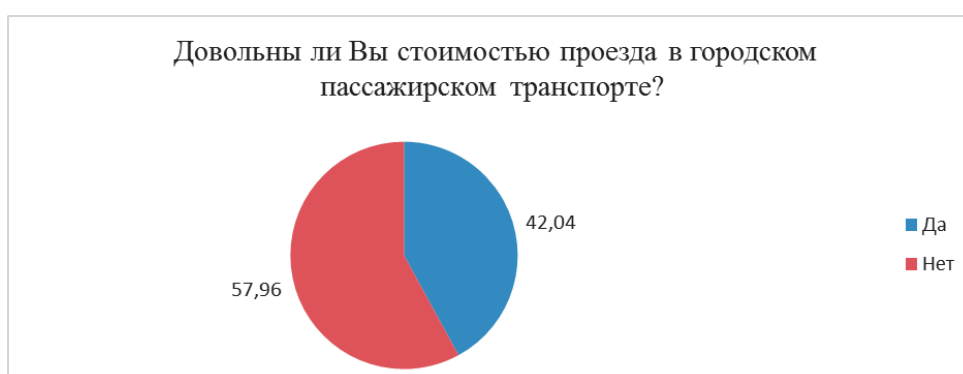


Рис. 11. Удовлетворенность стоимостью проезда

Зато большинство довольны количеством представленной в салоне транспортного средства информации (рис.12).

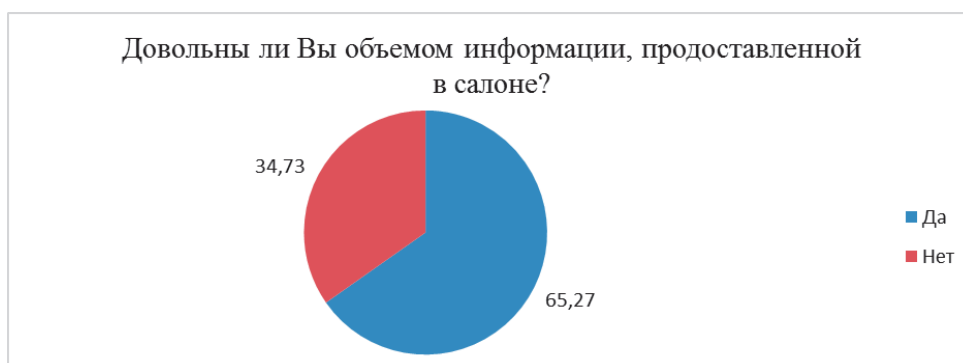


Рис. 12. Уровень удовлетворенности пассажиров объемом информации в салоне

Мнения по поводу приобретения информации о расписании движения подвижного состава разделились поровну (рис.13).

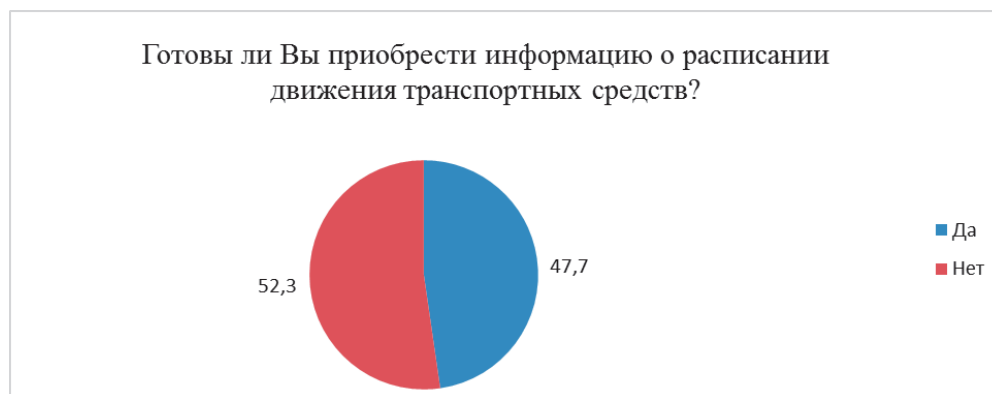


Рис. 13. Готовность пассажиров к приобретению информации о расписании

Из тех, кто готов приобрести эту информацию, большую часть удовлетворило бы программное обеспечение на смартфон (рис.14). Очевидно, что многие из них – молодые люди. Взрослое же население готово приобрести информацию о движении транспорта в печатном виде как в самом транспорте, так и на остановочных пунктах.

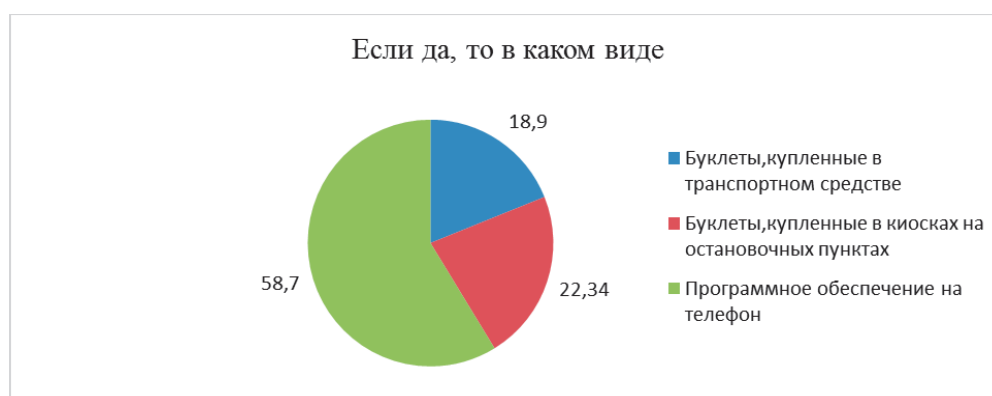


Рис. 14. В каком виде пассажиры готовы приобрести информацию?

На вопрос: «Что бы Вы хотели изменить или улучшить в организации общественного пассажирского транспорта?» не было однозначного ответа (рис.15). В этом вопросе можно было выбрать несколько ответов. По результатам опроса большую часть населения не удовлетворяют все представленные показатели: санитарное состояние подвижного состава, стоимость проезда, техническое состояние подвижного состава, соблюдение расписания движения, время ожидания транспорта.

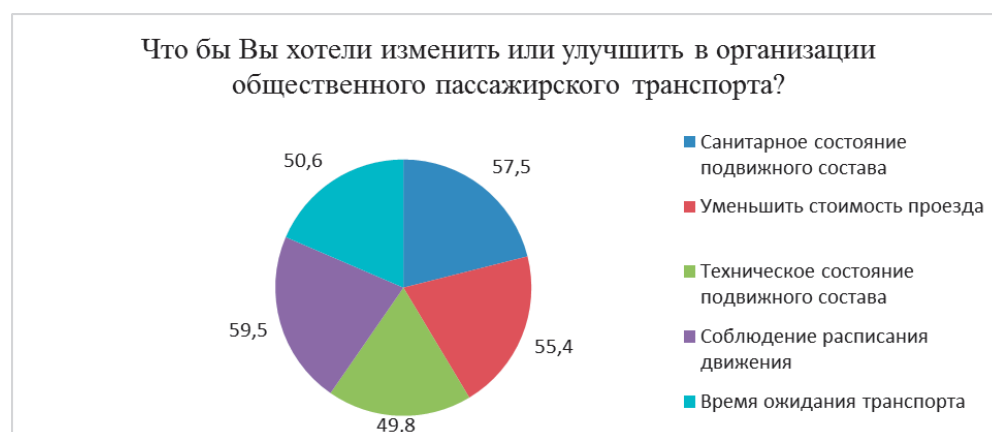


Рис. 15. Требования пассажиров по улучшению качества перевозок

Таким образом, учитывая данные проведенного анализа, подтверждается гипотеза о том, что качество транспортного обслуживания в основном не соответствует ожиданиям потребителя. Имея такую возможность, они изменили бы большинство рассмотренных показателей.

По результатам проведенного опроса можно сделать следующие основные выводы:

- большинство опрошенных людей (92,1%) используют городской массовый пассажирский транспорт;
- из них 70% пользуется им ежедневно;
- личный подвижной состав используют 7,9% опрошенных (по результатам интернет-опроса).

Отметим, что на улицах города опрос был проведен вблизи остановочных пунктов, отвечающие являются непосредственно пользователями транспортных услуг. Соответственно процент владельцев собственного автотранспорта в общем количестве горожан в несколько раз выше фиксированных в этом случае данных.

Для сокращения использования личного подвижного состава необходимо, как минимум, не снижать показатели, удовлетворяющие требованиям пассажиров, и в лучшем случае совершенствовать их. Также особое внимание организаторов перевозок следует обратить на требования, которые вытекают из результатов опроса данного исследования.

Список литературы

1. URL: <http://www.znak.com/chel/news/2013-05-16/1005812.html>

УДК: 621.43.044.7:629.3

АПГРЕЙД ПУСКО-ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

UPGRADE START-CHARGER DEVICES FOR PASSENGER CAR

Ключевые слова: пуско-зарядное устройство, аккумуляторная батарея, емкость, конденсатор, ионистор, энергия.

Keywords: start-charger devise, lead-acid battery, capacity, capacitor, ultracapacitor, energy

Аннотация

В статье рассмотрена модернизация пуско-зарядного устройства для легковых автомобилей. Для повышения характеристик устройства предложено включить параллельно с аккумуляторной батареей конденсатор большой емкости. В результате получается более мобильное и мощное устройство.

Annotation

The article deals with the modernization start-charger devices for cars. To improve characteristics of the device are asked to include in parallel with , lead-acid battery large filter capacitor. The result is a mobile and powerful device.

Горбунов Алексей Анатольевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ),
старший преподаватель кафедры
«Автомобили и технологические машины»
автодорожного факультета,
autodiplom@mail.ru

Зотов Иван Алексеевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ),
студент,
ruzotik@mail.ru

Колегов Дмитрий Юрьевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ),
студент,
kolegov5@mail.ru

Дмитренко Владимир Михайлович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ),
доцент кафедры «Автомобили и технологические машины»,
dmitrenko_perm@mail.ru

В настоящее время большинство людей уже не представляет свою жизнь без автомобиля. В основном его используют для работы, отдыха. В большинстве стран он является основным средством передвижения. В процессе эксплуатации автомобиля происходят различные отказы элементов системы. Один из наиболее распространенных отказов – разряд аккумуляторной батареи (АБ) (рис.1).

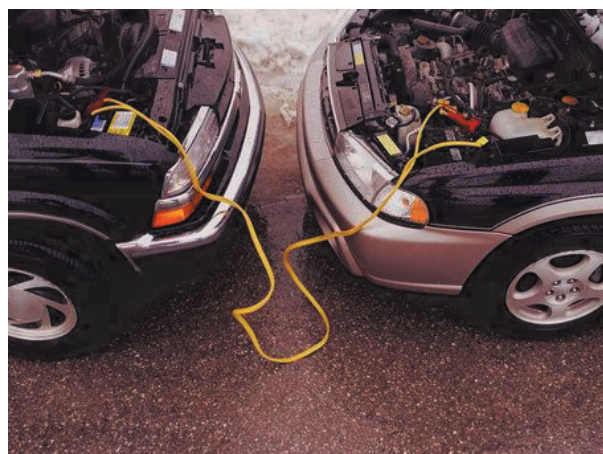


Рис.1. Отказ аккумуляторной батареи

Существуют следующие причины разряда АБ:

- неблагоприятные условия эксплуатации, например, в городе при отрицательных температурах;
- продолжительная работа электроприборов при незапущенном двигателе, стоянка с габаритными огнями или аварийной сигнализацией;

- использование энергоемкого дополнительного оборудования, например мощные акустические системы, автономные предпусковые подогреватели;

- длительная стоянка автомобиля более месяца.

Для запуска двигателя при разряженной АБ используют специальные пускозарядные устройства (ПЗУ). По принципу работы их можно разделить на два вида: батарейные – имеют встроенную АБ, и сетевые – работают от осветительной сети. Преимущество батарейных ПЗУ по сравнению с сетевыми – это мобильность. Недостатки – большая масса, количество пусков ограничено запасом энергии АБ и снижение стартерного тока при разряде.

Для устранения недостатков предлагается модернизировать батарейное ПЗУ путем включения параллельно АБ конденсатора большой емкости (рис. 2). Конденсатор будет заряжаться от АБ и разряжаться в цепь стартера автомобиля. Это позволит увеличить пусковой ток за счет запасенной конденсатором энергии и уменьшить время разряд АБ токами стартерной величины.

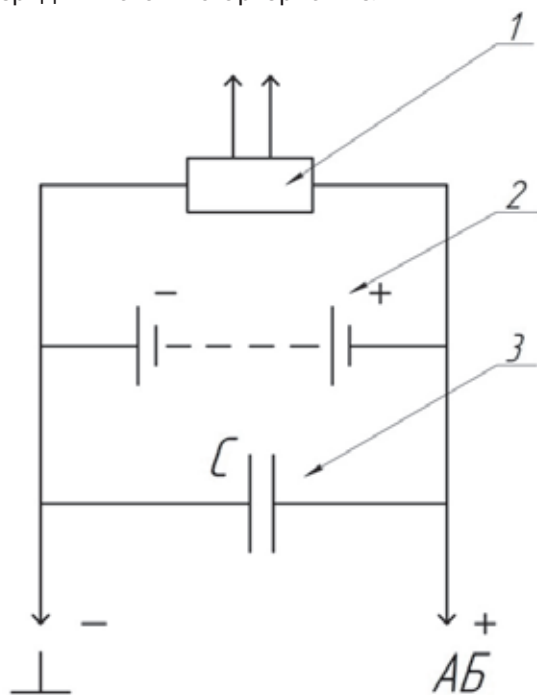


Рис.2. Схема пускозарядного устройства с конденсатором большой емкости: 1 – зарядное устройство; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – ионистор

Кроме того, энергия конденсатора и, следовательно, разрядный ток не зависят от температуры. Такое ПЗУ сможет с равной эффективностью работать как при положительных, так и при отрицательных температурах.

Произведем расчет необходимой емкости конденсатора. Из источника [2] установлено, что для прокручивания ДВС легкового автомобиля при температуре -25°C в течение 10 с требуется энергия $E_n = 21,07$ кДж, ток прокрутки 250-300 А. При-

няв за ориентир данную энергию, по формуле (1) рассчитаем емкость конденсатора:

$$E_c = \frac{C \cdot U^2}{2}, C = \frac{2 \cdot E_c}{U^2} = 292,6(\Phi), (1)$$

где C – емкость конденсатора, Φ ;

E_c – энергия конденсатора, Дж;

U – напряжение, В.

Для накопления необходимой энергии требуется конденсатор емкостью 300 Φ . В настоящее время промышленность выпускает конденсаторы с двойным электрическим слоем – ионисторы. Это энергонакопительный конденсатор, заряд в котором накапливается на границе раздела двух сред – электрода и электролита, обладающими номинальным напряжением $U_{ном} = 2,7$ В и емкостью до 5000 Φ (рис.3). Поскольку напряжение ионистора меньше ботового напряжения автомобиля, требуется батарея из последовательно включенных ионисторов. Рассчитаем параметры батареи ионисторов по формуле (2).



Рис.3. Ионистор

$$C = \frac{1}{\sum_{i=1}^n 1/C_i}, (2)$$

где C – емкость батареи, Φ ;

C_i – емкость элементов батареи, Φ .

При количестве элементов батареи – 6 получим емкость каждого элемента – 1800 Φ .

Предложенный апгрейд пускозарядного устройства позволит:

- получить более высокий пусковой ток независимо от температуры;
- широкий диапазон рабочих температур;
- время разряда аккумуляторной батареи стартерными токами;
- увеличить срок службы аккумуляторной батареи;
- снизить массу устройства за счет использования батареи меньшей емкости.

Список литературы

1. Лебедев С.А. Комбинированный источник тока для систем электро-стартерного пуска двигателей военной автомобильной техники. – Рязань, 2010 – Т.3. – С. 121–205.
2. Поляков Н.А. Система электростартерного пуска

транспортных средств с применением комбинированного источника электрической энергии: Дис. ... канд. техн. наук. – 170 с. – М., 2005.

З.Кошкин В.В. Надежность и эффективность электро-стартерного пуска двигателей внутреннего сгорания при использовании суперконденсатора: Автореф.дис. ... канд. техн.наук. – Мю, 2007. – 17 с.

УДК 629.432.3

ФОРСИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ВПРЫСКА ЗАКИСИ АЗОТА

THE FORCING OF AUTOMOBILE ENGINES BY USING OF THE SYSTEM OF INJECTION NITROUS OXIDE

Ключевые слова: двигатель, мощность, форсирование, плотность заряда, закись азота.

Keywords: the engine, power, to force, charge density, nitrous oxide.

Аннотация

Одним из путей форсирования двигателей является повышение плотности заряда. Плотность заряда можно увеличить и путём добавления окислителя в систему питания двигателя. Таким окислителем может служить закись азота N_2O . Рассмотрены три типа систем впрыска закиси азота: «Сухая», «Мокрая» и «Система прямого впрыска закиси азота». Приведены рекомендации по использованию систем закиси азота при использовании на стандартных двигателях.

Annotation

One of ways of the forcing of the engines is the increasing of charge density. The charge density can be increased by addition of an oxidizer to the engine power supply system too. Such oxidizer can be nitrogen N_2O . There are three types of systems of injection of nitrous oxide: «Dry», «Wet» and «System of direct injection of nitrous oxide». Recommendations of the using of systems of nitrous oxide are provided for the using at the standard engines.

Горчаков Юрий Николаевич

Дальневосточный федеральный университет,
доцент, канд. техн. наук,
тел. (423) 222-89-93; Gorchakov.yn@mail.ru

Журов Михаил Александрович

Дальневосточный федеральный университет,
студент

Форсирование существующих моделей автомобильных двигателей является важной задачей, позволяющей повысить их мощность без существенного увеличения массы и габаритных размеров. Основные пути форсирования двигателей внутреннего сгорания следуют из анализа литровой мощности, которая представляет собой отношение эффективной мощности к литражу двигателя.

Эффективная мощность является важным энергетическим показателем двигателей. Для оценки влияния различных факторов на величину мощности воспользуемся следующим выражением [1, с. 121]:

$$N_e = \frac{H_u \eta_i}{l_o \alpha} \eta_v \rho_k \frac{n}{30\tau} \eta_m i V_h, \text{ кВт};$$

где H_u – низшая теплота сгорания топлива

$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$;

l_o – масса воздуха для сгорания одного килограмма топлива, кг;

η_i – индикаторный кпд;

α – коэффициент избытка воздуха;

η_v – коэффициент наполнения цилиндра;

ρ_k – плотность заряда, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; n – частота вращения, мин^{-1} ;

τ – тактность двигателя;

η_m – механический кпд;

$i V_h$ – литраж двигателя, м^3 .

При неизменном литраже двигателя мощность может быть повышена путём увеличения частоты вращения n . Этот способ ограничен предельной (из условия долговечности конструкции) средней скоростью поршня. Величина отношения

$\frac{\eta_i}{\alpha}$ определяется индикаторным процессом в цилиндре, и при современном уровне совершенства процесса рост этого параметра возможен на небольшую величину и не окажет существенного

влияния на мощность. Величина η_v также достигла максимальных значений. Ведутся работы по снижению механических потерь, но совершенствование этого параметра не может дать резкого повышения мощности. Использование наддува позволяет увеличить эффективную мощность на 40...50% и более. Система наддува обеспечивает повышение мощности двигателя за счёт увеличения плотности воздуха ρ_k на входе в цилиндр, что позволяет эффективно сжигать большее количество топлива.

Плотность заряда можно увеличить и путём добавления окислителя в систему питания двигателя. Таким окислителем может служить закись азота N_2O . Такие устройства называются системами закиси азота. Система закиси азота (от англ. Nitrous Oxide System – NOS) – системы, используемые для улучшения технических характеристик двигателей внутреннего сгорания. Закись азота и горючая смесь впрыскиваются во впускной коллектор двигателя. Попадая в смесь в виде сжиженного газа, закись азота немедленно её охлаждает. Типичная система впрыска азота способна понизить температуру поступающего воздуха примерно до $-1^\circ C$.

Закись азота – это бесцветный газ с характерным запахом, тяжелее воздуха. Плотность его при температуре $0^\circ C$ и давлении $0,1 MPa$ составляет

$1,98 \frac{кг}{м^3}$. Жидкое состояние – при комнатной тем-

пературе и давлении $4 MPa$. Температура кипения равна минус $89,5^\circ C$. При температуре свыше $260^\circ C$ закись азота распадается на кислород и азот.

Плотность закиси азота примерно на 50% больше плотности воздуха. Кислород в ней составляет около 36% (а в воздухе 21%). Т. е. при разложении определенного объёма закиси выделяется почти в 1,6 раза больше кислорода, чем его находится в том же объёме воздуха. При высокой температуре N_2O действует как сильный окислитель. При температуре свыше $260^\circ C$ закись азота разлагается на составляющие. При этом появляется свободный кислород в атомарном, а не молекулярном состоянии. То есть реакция разложения закиси азота в цилиндрах протекает столь быстро, что атомы кислорода не успевают образовать молекулы и потому более активно окисляют молекулы бензина. Так что реакция горения протекает более интенсивно. Таким образом, при впрыскивании закиси азота и горючей смеси во впускной коллектор двигателя:

- снижается температура всасываемого в двигатель воздуха, обеспечивается высокая плотность поступающего заряда;
- увеличивается содержание кислорода в поступающем заряде;
- увеличивается интенсивность сгорания в цилиндрах двигателя.

Закись азота N_2O начали применять ещё во времена Второй мировой войны в авиации. Такие известные зарубежные автогонщики, как Майк Сермос и Деил Вазнаян (Mike Thermos & Dale Vaznaian), доказали, что закись азота имеет право на применение в спорт-автоиндустрии. В 1978 году Mike и Dale зарегистрировали компанию «Nitrous Oxide Systems, Inc», известную под названием NOS. Уже более 30 лет компания NOS – лидирующий производитель в данной области. Это успешная и динамично развивающаяся компания, где ключевым фактором является поддер-

живание отношений с профессиональными автопроизводителями и ведущими гонщиками. Компания NOS принимает активное участие в развитии технологий. Постоянно модернизируются и улучшаются показатели самой системы закиси [2].

На сегодняшний день существует множество разновидностей систем впрыска закиси, но в итоге все они сводятся к трём основным:

- «сухая» – закись азота впрыскивается во впускной трубопровод, а топливо, которое требуется дополнительно, подаётся через топливные инжекторы штатной системы питания двигателя, и коллектор остается «сухим» от топлива;

- «мокрая» – система (включая системы с карбюраторными пластинами), добавляющая закись азота и топливо одновременно, в одном и том же месте (обычно 75...100 мм от дроссельной заслонки для двигателей с впрыском или прямо под карбюратором для систем с пластинами). Эта система впрыска закиси делает впускной коллектор «мокрым» от топлива – перед подачей в цилиндры закись перемешивается с топливом. Именно этот тип систем лучше всего использовать с коллекторами, разработанными для мокрого потока и на двигателях с турбонаддувом;

- «система прямого впрыска закиси азота» – закись азота и дополнительное топливо впрыскивается во впускные каналы через индивидуальные форсунки в цилиндры. Обычно в таких системах и закись, и топливо попадают в камеру сгорания через одну общую форсунку. Существует возможность контролировать соотношение азот/топливо индивидуально для каждого цилиндра. Нормальное соотношение азот/топливо составляет 8,5:1, а для воздушно-топливной смеси обычного двигателя – 14,7:1. Это самый мощный и самый точный тип системы, но и самый сложный в установке. В связи с этим такие системы применяются в основном на спортивных автомобилях [3].

Сегодня систему впрыска закиси азота могут установить в любом специализированном сервисе. Основная проблема – настройка системы и риск детонации. Закись азота может детонировать при недостаточном количестве топлива, поступающего в камеру сгорания, или при использовании бензина со слишком низким октановым числом. Сама по себе закись не взрывоопасна. Многие системы закиси разработаны для стандартных двигателей и работают на бензине АИ92 и на спортивных автомобилях – на бензине АИ98.

Рекомендуется использовать следующие значения мощности систем закиси для стандартных двигателей: 30-45 кВт – для четырехцилиндровых двигателей; 55-75 кВт – для шестицилиндровых. Регулировка момента зажигания осуществляется так, чтобы максимальное давление в цилиндре приходилось на интервал между 10 и 15 градусами после верхней мёртвой точки. Для этого необходимо угол опережения зажигания уменьшить на 1,5-2 градуса на каждые 35 кВт, добавленных при помощи закиси. В связи с высоким температур-

ным режимом работы свечей зажигания необходимо использовать свечи «холодного диапазона» с короткой резьбовой частью и с уменьшенным зазором между электродами (от 0,65 до 0,90 мм).

Список литературы

1. Шатров М.Г., Морозов К.А., Алексеев И.В. и др. Автомобильные двигатели: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. М.Г. Шатрова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 464 с.
2. Nitrous Oxid Systems. URL: <http://www.holley.com/Index.asp?division=NOS>.
3. Секреты закусы азота. URL: <http://steer.ru/archives/2007/11/09/004430.php>.

УДК 629.1.02

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРАНСМИССИИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

SIMULATION MODELING OF THE DYNAMICS OF THE CAR TRANSMISSION

Ключевые слова: автомобиль, трансмиссия, динамические нагрузки, Simulink, имитационная модель.

Keywords: car, transmission, dynamic loads, Simulink, simulation model

Аннотация

В статье рассматривается возможность применения среды моделирования Simulink для расчета максимальных динамических нагрузок, возникающих в трансмиссии при трогании автомобиля с колесной формулой 4×2 . Приведены графические зависимости упругих моментов на элементах трансмиссии от времени моделирования.

Annotation

Possibility of application of the Simulink modeling environment for calculation of peak dynamic loads appearing in the transmission when four-by-two vehicle takes off is examined in the article. Elastic torques on transmission parts – vs. – simulation time curves are represented.

Имангулов Айдар Раевич

Ижевский государственный технический
университет имени М.Т. Калашникова,
аспирант,
rocky1990@mail.ru

Филькин Николай Михайлович

Ижевский государственный технический
университет имени М.Т. Калашникова,
профессор, д-р техн. наук,
fnm@istu.ru

Музафаров Раис Салихович

Ижевский государственный технический

университет имени М.Т. Калашникова,
доцент, канд. техн. наук,
amo@istu.ru

Вопросы изучения динамических процессов, протекающих в трансмиссиях транспортных средств, решаются при создании любого нового автомобиля. При протекании процессов во время неуставившихся режимов работы (при включении и выключении муфты сцепления, при переключении передач, при торможении, при переезде через препятствия и др.) динамические нагрузки в трансмиссии автомобиля могут быть в несколько раз больше максимального крутящего момента двигателя, что негативно отражается на работоспособности машины.

Следовательно, очевидна потребность в теоретических и экспериментальных исследованиях динамических нагрузок и динамических процессов, возникающих в трансмиссиях автомобилей. Это позволит на ранней стадии проектирования, когда ещё отсутствует опытный образец, обосновать выбор технического решения и провести поиск наиболее рациональной конструкции.

Для расчета максимальных динамических нагрузок, возникающих в трансмиссии при трогании автомобиля с колесной формулой 4×2 с места, можно воспользоваться динамической моделью, изображенной на рис. 1. Маховым массам приведенной динамической модели соответствуют моменты инерции: J_1 – ведомых деталей сцепления; J_2 – деталей коробки передач; J_3 – деталей карданной передачи; J_4 – деталей карданной и главной передач с дифференциалом; J_5 – полуосей и ведущих колес автомобиля; J_6 – балки ведущего моста относительно оси вращения колес; J_7 – маховика, эквивалентного поступательно движущейся массе автомобиля. Упругим звеньям соответствуют крутильные жесткости: c_d – демпфера; c_1 – первичного вала коробки передач; c_2 – вторичного вала коробки передач; c_3 – карданной и главной передач; c_4 – полуосей; c_5 – шин ведущих колес; c_6 – упругих элементов подвески. К массе J_1 приложен момент трения сцепления M_c (при буксующем сцеплении). В данной модели вследствие скоротечности возникновения максимальных крутящих моментов трение в трансмиссии и момент сопротивления движению автомобиля не учтены.

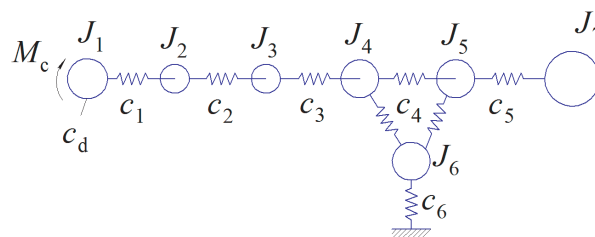


Рис. 1. Динамическая модель для расчета максимальных динамических нагрузок в трансмиссии при трогании автомобиля с места

В соответствии со схемой динамической модели работы машины, изображенной на рис. 1, в общем случае у машины семь степеней свободы, однозначно определяющих ее состояние. В качестве обобщенных координат возьмем следующие независимые друг от друга параметры, число которых равно числу степеней свободы машины: φ_1 – угол поворота ведомых деталей муфты сцепления; φ_2 – угол поворота вращающихся деталей коробки передач; φ_3 – угол поворота вращающихся деталей карданной передачи; φ_4 – угол поворота вращающихся деталей карданной и главной передач с дифференциалом; φ_5 – угол поворота полуосей и ведущих колес автомобиля; φ_6 – угол поворота балки ведущего моста относительно оси вращения колес; φ_7 – угол поворота маховика, эквивалентного поступательно движущейся массе автомобиля.

Вывод системы дифференциальных уравнений работы автомобиля с механической трансмиссией с упруго-демпфирующими звеньями можно провести при помощи уравнений Лагранжа II рода [1]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial E_k}{\partial q_i} + \frac{\partial E_n}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} = Q_i,$$

где E_k, E_n – кинетическая и потенциальная энергия системы;

Φ – функция рассеивания (диссипативная функция);

Q – обобщенная сила, действующая вдоль координаты q_i .

Охарактеризовать динамические нагрузки, возникающие в элементах трансмиссии автомобиля, можно с помощью упругих моментов, формула для определения которых представлена ниже:

$$M_{el_i} = c_i \cdot \varepsilon_i,$$

где M_{el_i} – упругий момент;

c_i – крутильная жесткость соответствующего упруго звена;

ε_i – угловая деформация упругого звена.

Система дифференциальных уравнений движения механической системы, изображенной на рис. 1, на основании уравнений Лагранжа II рода запишется в следующем виде:

$$\begin{cases} J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 = M_c - c_1^* \cdot (\varphi_1 - \varphi_2), \\ J_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 = c_1^* \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) - c_2 \cdot (\varphi_2 - \varphi_3), \\ J_3 \cdot \ddot{\varphi}_3 = c_2 \cdot (\varphi_2 - \varphi_3) - c_3 \cdot (\varphi_3 - \varphi_4), \\ J_4 \cdot \ddot{\varphi}_4 = c_3 \cdot (\varphi_3 - \varphi_4) - c_4 \cdot (\varphi_4 - \varphi_5 - \varphi_6), \\ J_5 \cdot \ddot{\varphi}_5 = c_4 \cdot (\varphi_4 - \varphi_5 - \varphi_6) - c_5 \cdot (\varphi_5 - \varphi_7), \\ J_6 \cdot \ddot{\varphi}_6 = c_4 \cdot (\varphi_4 - \varphi_5 - \varphi_6) - c_6 \cdot \varphi_6, \\ J_7 \cdot \ddot{\varphi}_7 = c_5 \cdot (\varphi_5 - \varphi_7), \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{где } c_1^* = \frac{c_d \cdot c_1}{c_d + c_1}.$$

При определении динамических нагрузок в трансмиссии момент трения сцепления M_c задается в виде экспоненциальной зависимости.

Из практики известно, что при резком трогании автомобиля время включения сцепления $t_c = 0,015 \dots 0,04$ с (при отсутствии усилителя в приводе сцепления), $t_c = 0,1 \dots 0,2$ с (при наличии усилителя в приводе сцепления); при нормальном трогании $t_c = 0,2 \dots 0,4$ с [2].

Система дифференциальных уравнений (1) не имеет аналитического решения в общем виде. Для ее решения численным методом была выбрана графическая среда имитационного моделирования Simulink. В качестве численного метода решения обыкновенных дифференциальных уравнений выбрана функция ode45.

Ode45 базируется на явном методе Рунге-Кутты. Это одношаговый алгоритм, когда для вычисления значения функции $y(t_n)$ необходимо знание решения в одной предыдущей точке $y(t_{n-1})$. Эта функция наиболее удобна для решения большинства задач [3].

На рис. 2 изображена имитационная модель для расчета максимальных нагрузок, возникающих в трансмиссии автомобиля при трогании с места.

На рис. 3 и 4 представлены графические зависимости упругих моментов на первичном валу коробки передач и на полуосях при нормальном трогании (время включения сцепления $t_c = 0,4$ с) и резком трогании (время включения сцепления $t_c = 0,1$ с) с места. Легко заметить, что чем быстрее происходит включение сцепления, тем больше динамических нагрузок испытывают элементы трансмиссии. Так как в динамической модели коэффициенты демпфирования не учитывались, то динамические нагрузки являются незатухающими.

При исследованиях максимальных динамических нагрузок оказалось, что наиболее нагруженным элементом трансмиссии при резком трогании автомобиля с места являются полуоси. Коэффициент динамичности, под которым понимают отношение приведенного максимального момента на упругом звене трансмиссии к моменту, создаваемому на этом звене двигателем при работе на режиме, соответствующем максимальному крутящему моменту, приблизительно равен двум. Это доказывает, что при протекании переходных процессов во время неустановившихся режимов движения динамические нагрузки в трансмиссии автомобиля могут быть в несколько раз больше максимального крутящего момента двигателя.

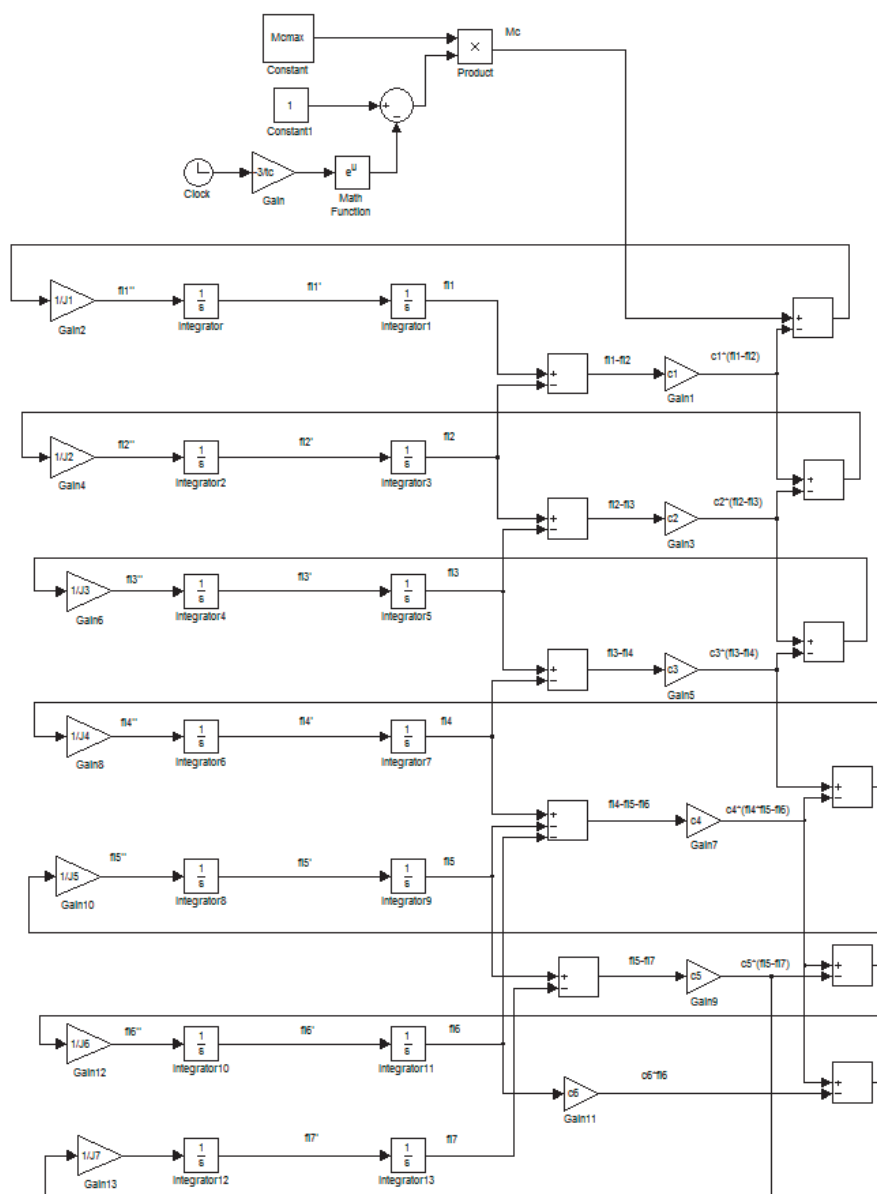


Рис. 2. Имитационная модель среды Simulink для расчета максимальных динамических нагрузок в трансмиссии автомобиля при трогании с места

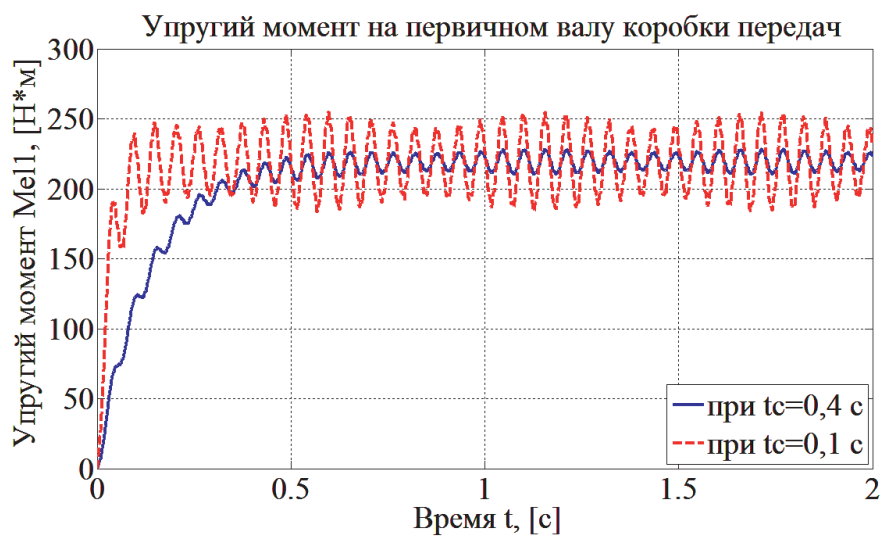


Рис. 3. Графическая зависимость упругого момента на первичном валу коробки передач от времени моделирования

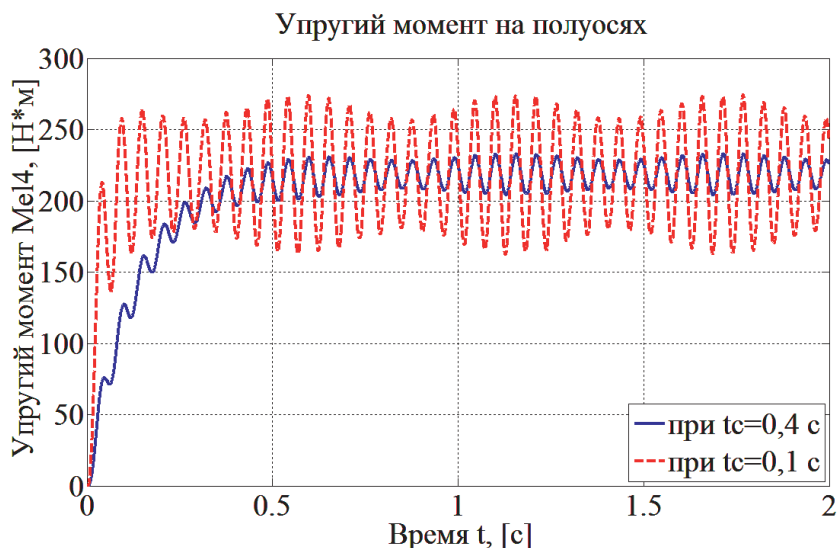


Рис. 4. Графическая зависимость упругого момента на полуосях от времени моделирования

Следовательно, одним из путей уменьшения динамических нагрузок, возникающих в трансмиссиях автомобилей, является правильный подбор таких параметров трансмиссий, как крутильная жесткость и коэффициент демпфирования соответствующих упруго-демпфирующих участков.

Список литературы

1. Молибошко Л.А. Компьютерные модели автомобилей: Учебник. – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. – 295 с.
2. Гришкевич А.И., Бусел Б.У., Бутусов Г.Ф. и др. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / Под общ. ред. А.И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.
3. Коткин Г.Л., Черкасский В.С. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием MATLAB: Учеб. пособие. – Новосибирск, 2001. – 173 с.

УДК 625.7/69

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ДОРОЖНОЙ НАУКИ

PROSPECTS OF DEVELOPMENT AND CURRENT CHALLENGES ROAD OF SCIENCE

Ключевые слова: дорожная наука, перспективы развития, инновационная деятельность, автомобильные дороги, фундаментальные и прикладные исследования.

Keywords: road science, prospects of development, innovative activity, roads, and basic and applied research

Аннотация

Дорожная наука оказывает позитивное влия-

ние на работу дорожного хозяйства. Проведен целый ряд комплексных исследований по совершенствованию нормативно-технической базы, позволивших предъявить на современном уровне требования к разработке технологических процессов, качеству дорожно-строительных материалов, методам их испытаний и выполнению работ. Дорожная наука активно участвует в формировании направлений развития и совершенствования дорожного хозяйства. С ее участием разработаны ранее принятые государственные, отраслевые и региональные дорожные программы. Вместе с тем научный потенциал дорожного хозяйства реализован не в полной мере, недостаточна его координация и концентрация на основных направлениях. Необходимо поэтапное развитие дорожной науки по выбранным критическим узлам на основе разработки и реализации среднесрочных целевых программ и годовых планов научных исследований, развития новой техники и реализации достижений научно-технического прогресса.

Annotation

Road science has a positive impact on the operation of road facilities. A number of comprehensive studies on the improvement of normative-technical base, which allowed to present at the modern level of requirements to development of technological processes, quality of road-building materials, methods of their testing and work. Road science is actively involved in shaping the directions of development and improvement of road infrastructure. With her participation developed previously adopted by the state, sectoral and regional roads. However, the scientific potential of road management implemented in full, insufficient coordination and concentration on core areas. Need a phased development of the road of science on

selected critical nodes based on the development and implementation of medium-term target programs and annual plans of scientific researches, development of new equipment and implementation of scientific and technical progress.

Кочетков Андрей Викторович

*Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Саратовский
государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.,
профессор, д-р техн.наук, академик, член
президиума Российской академии транспорта,
главный эксперт ФГУП «РОСДОРНИИ», эксперт
Минюста России,
soni.81@mail.ru*

Янковский Леонид Вацлавович

*Пермский национальный исследовательский
политехнический университет,
доцент, канд. техн. наук,
yanekperm@yandex.ru*

Целью государственной политики в области развития науки и технологий является переход к инновационному пути развития страны на основе избранных приоритетов. Необходимо создание научных, организационных и экономических механизмов для повышения востребованности инноваций отечественным производством [1].

Несмотря на определенные результаты, состояние научной базы дорожного хозяйства не улучшилось, а дорожная наука в целом столкнулась с целым рядом серьезных проблем. В настоящее время дорожная наука – это в наименьшей степени адаптированная к условиям рынка сфера дорожной деятельности. Формирование рынка дорожных работ и развитие конкуренции в дорожном хозяйстве практически не сопровождалось развитием рынка научных разработок.

Внедрение новых технологий, конструкций и материалов в основном осуществлялось прежними административными методами, что снижает эффективность влияния науки на технический прогресс в отрасли. Произошло падение престижа научной деятельности, старение научных кадров. В таких условиях научные организации, пытаясь найти выход из создавшейся ситуации, постепенно частично перепрофилировали свою деятельность, в результате чего основной объем работ отраслевых научно-исследовательских институтов связан с выполнением диагностики автомобильных дорог, научным и инженерно-техническим сопровождением проектов, в том числе при внедрении зарубежных технологий. Отдельные научные организации начали заниматься проектированием автомобильных дорог, а также другими видами работ и услуг, которые для них оказываются экономически более выгодными. Сложившаяся ситуация породила целый ряд нерешенных в настоящее время проблем – развитие теоретической части не обеспечивает решение стоящих перед отраслью задач, недостаточно отлажен механизм внедрения научных разработок

и взаимодействия научных, проектных и производственных организаций, не в полной мере удовлетворяются проблемные запросы отрасли из-за отсутствия у исполнителей соответствующей квалификации, снизилось качество научных исследований и получаемых результатов, за последние годы не появилось принципиально новых отечественных технологий, техники и материалов, позволяющих повлиять на деятельность дорожного хозяйства [2].

Необходимо поэтапное развитие дорожной науки по выбранным критическим узлам на основе разработки и реализации среднесрочных целевых программ и годовых планов научных исследований, развития новой техники и реализации достижений научно-технического прогресса. Можно выделить следующие приоритеты [3]:

- обеспечение развития фундаментальной дорожной науки, а на ее основе – важнейших прикладных исследований и разработок;
- создание и развитие общих и специальных технических регламентов, системы национальных стандартов, стандартов организаций, а также документов методического характера, обеспечивающих оптимизацию стоимости дорожных работ на основе применения прогрессивных технологий, новых материалов и техники;
- совершенствование отраслевой системы развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве, включая совершенствование механизмов взаимодействия научных организаций и предприятий дорожного хозяйства, профильных вузов, предприятий ВПК в целях внедрения новых технологий в производство;
- создание и развитие объектов инновационной инфраструктуры [4; 5].

Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2020 г., одобренной на заседании Правительства Российской Федерации 28 апреля 2005 г., в качестве важнейшего приоритета установлено соблюдение интересов пользователей автомобильных дорог и населения страны, а в качестве приоритетных задач определены следующие:

- обеспечение повышения скорости движения автомобильного транспорта за счет увеличения пропускной способности перегруженных участков автомобильных дорог, улучшение транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог;
 - сокращение времени и издержек доставки грузов и пассажиров путем строительства автомобильных дорог и мостов по основным направлениям движения грузо- и пассажиропотоков.
- В качестве основных направлений развития федеральных автомобильных дорог следует считать:
- завершение формирования опорной сети автомобильных дорог для обеспечения связи с регионами;
 - увеличение пропускной способности сети

федеральных автомобильных дорог за счет создания многополосных автомагистралей на существующих направлениях;

- формирование новых автодорожных маршрутов, обеспечивающих оптимальное распределение автотранспортных потоков на направлениях в обход перегруженного движением автотранспорта Московского дорожного узла;
- создание подъездов к крупным транспортным узлам и объектам транспортной инфраструктуры, включая реконструкцию и строительство подъездов к портам и логистическим центрам;
- строительство и реконструкция обходов крупных населенных пунктов.

В соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» №184-ФЗ в настоящее время в дорожном хозяйстве создается система технического регулирования, в целом в своем развитии опережающая аналогичные системы других отраслей. Определены приоритеты в разработке технических регламентов и национальных стандартов, требующих первоочередной разработки и переработки, которые, по сути, является программой действий на среднесрочную перспективу.

Проблемы дорожной науки выдвигают в качестве неотложных решение задач коренного улучшения ситуации, формирования новой концепции научно-технической политики, отвечающей современным потребностям дорожного хозяйства, определения приоритетных направлений научных исследований.

Научно-техническая политика в дорожной сфере должна формироваться исходя из направлений совершенствования дорожного хозяйства, ориентироваться на достижение технических, экономических и социальных результатов, отвечающих потребностям создания единой транспортной сети страны, включающей автомобильные дороги общего пользования, обладающие единой системой потребительских качеств на федеральном и территориальном уровнях.

Основные задачи научно-технической политики состоят в:

- формировании научно-технической политики на основе экономических подходов исходя из наибольшей эффективности технических и конструктивных решений с учетом всего комплекса затрат и выгод за весь срок службы сооружений;
- создании экономических механизмов, обеспечивающих взаимную заинтересованность всех участников инвестиционного процесса во внедрении новых экономических и долговечных материалов и конструкций;
- переориентации технической политики в интересах пользователей дорог;
- формировании единых технических требований к магистральным автомобильным дорогам с возможностью их интеграции в сеть европейских автомагистралей и магистралей стран-участников СНГ;
- ориентации на повышение долговечнос-

ти дорожных конструкций и сооружений взамен получения сиюминутной выгоды от сокращения стоимости строительных и ремонтных работ;

- учете региональных особенностей при проведении технической политики, при сохранении единых принципов формирования автотранспортных коммуникаций и технических требований к ним;
- создании условий для развития творческой инициативы инженеров-дорожников всех уровней;
- пересмотре основных принципов и подходов к техническому нормированию и типовому проектированию на основе экономических подходов, ориентации на интересы потребителей и учете многогранных особенностей Российской Федерации;
- создании эффективной системы контроля качества дорожных работ.

1. Фундаментальные научные исследования

Для выполнения научных исследований по проблемам дорожного хозяйства необходима систематизация и согласование достижений не только дорожной науки, но и смежных областей естественных и прикладных наук. В настоящее время в дорожной науке существуют классификационные, терминологические, методические, нормативно-технические и метрологические расхождения, особенно с фундаментальной наукой и уровнем автоматизации научных исследований и автоматизированного расчета и проектирования. Практически не используются современные статистические методы обработки и анализа информации при мониторинге стохастических процессов (например, базисный и эконометрический анализ). Практически не стоят задачи создания адекватных теорий и содержательных математических моделей применительно к различным аспектам дорожного хозяйства. Имеется риск отказа от используемых теоретических и методических подходов и возврат к эмпирическому и опытно-описательному обоснованию решения дорожных задач.

Для развития дорожного хозяйства необходима концентрация усилий на следующих направлениях фундаментальных дорожных исследований:

- изучении и прогнозировании надежности и срока службы дорожных сооружений с учетом местных природно-климатических условий;
- изучении и повышении физико-механических свойств грунтов и дорожно-строительных материалов;
- изучении водно-теплового режима земляного полотна;
- развитии и совершенствовании методов расчета дорожных одежд;
- оценке влияния дорожных условий на безопасность движения;
- изучении особенностей восприятия водителем дорожных условий;

- архитектурно-ландшафтном проектировании автомобильных дорог общего пользования;
- изучении влияния автомобильных дорог общего пользования на окружающую среду.

Одним из важнейших направлений деятельности в рамках Программы является использование новых фундаментальных теоретических подходов из различных областей науки, техники, экономики при решении задач дорожного хозяйства. В качестве ориентировочных примеров можно назвать следующие:

- применение новых методов экономики и математической статистики, в частности эконометрический подход, панельный опрос и др.,
- применения базисного анализа для определения природы и параметров моделирования статистических характеристик и технологических процессов для автомобильных дорог,
- применение современных методических подходов теории надежности – теории риска и методов аналитического перехода от различных законов статистического распределения и др.

2. Совершенствование нормативной технической базы

Необходимо дальнейшее совершенствование отраслевой системы технического регулирования. Приоритеты в этой работе могут быть расставлены следующим образом:

- нормативы, регламентирующие качество работ при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог общего пользования;
- нормативы по обеспечению безопасности дорожного движения;
- нормативы технической направленности.

Нормативные документы системы технического регулирования дорожного хозяйства должны быть ориентированы на учет новых экономических условий, снижение затрат на дорожные работы, гармонизацию отечественных и европейских норм, определяющих потребительские свойства автомобильных дорог общего пользования.

3. Совершенствование системы экономического анализа и финансирования дорожного хозяйства

Для планомерной реализации основных направлений совершенствования дорожного хозяйства необходимо продолжить работу по обеспечению требуемого уровня финансирования дорожного хозяйства. Неотложной задачей является создание правовой и экономически привлекательной среды для формирования внебюджетных источников финансирования дорожных работ, включая средства частных инвесторов. Актуальным является вопрос о государственных гарантиях отечественным и зарубежным инвесторам.

В новых условиях необходимо изменение концепции ценообразования, в ее основу должен быть положен ресурсный метод. Следует организовать исследования региональных особенностей в современном ценообразовании при строительстве, ремонте и содержании автомобильных до-

рог общего пользования. В качестве приоритетных направлений научных исследований следует рассматривать следующие:

- разработка новых методов обоснования экономической эффективности инвестиций в дорожное хозяйство;
- разработка концепции привлечения инвестиций в дорожное хозяйство Российской Федерации;
- поиск альтернативных источников финансирования дорожных работ;
- разработка методов технико-экономического обоснования сооружения платных дорожных объектов;
- научное обоснование объемов финансирования дорожного хозяйства, исходя из необходимости удовлетворения потребностей в автомобильных перевозках и решения социальных проблем страны и регионов;
- совершенствование налогового законодательства в части финансирования дорожных работ;
- разработка концепции единой системы ценообразования в отрасли.
- применение современных методов разработки технико-экономических обоснований расчета инвестиций в дорожное хозяйство, основанных на оценке дисконтированных затрат и учете точки безубыточности проекта.

4. Совершенствование системы управления дорожным хозяйством в новых социально-экономических условиях

Направление предусматривает совершенствование системы управления дорожным хозяйством путем выработки рациональных путей преобразования организационных структур на федеральном и территориальном уровнях, включая две ветви управления: государственную и хозяйственную, оптимизации принципов взаимодействия федерального и территориальных органов управления, а также их деятельности, обеспечивающей интересы государства, пользователей дорог и населения, безопасное и бесперебойное функционирование сети автомобильных дорог общего пользования и эффективное использование средств, выделяемых на нужды дорожного хозяйства.

Важнейшими направлениями научных исследований в этой сфере являются:

- разработка концепции единой государственной политики в области автомобильных дорог и двойного подчинения территориальных дорог – федеральному центру и местной исполнительной власти (нормативно-правовая база – за федеральным центром; хозяйственные организации – за местной исполнительной властью);
- определение оптимального сочетания единой технической политики в области автомобильных дорог общего пользования с самостоятельностью территориальных органов управления;

- разработка методов и критериев оценки эффективности управления дорожным хозяйством на территориальном и федеральном уровнях.

5. *Научные основы управления развитием и состоянием сети автомобильных дорог России*

Новые социально-экономические условия требуют корректировки методов оценки и обоснования развития сети автомобильных дорог. Генеральным направлением становится необходимость сохранения построенной сети дорог и повышения ее транспортно-эксплуатационных показателей.

Задача исследований состоит в создании теоретических основ и принципов, а также технологии управления процессом содержания, совершенствования и развития дорожной сети на базе современных методов диагностики, комплексной оценки и прогнозирования состояния; обосновании потребностей и выбор стратегии развития дорожной сети; эффективном распределении средств на содержание, ремонт, реконструкцию и строительство дорог на федеральном и территориальном уровнях.

Для решения этих задач необходимы следующие исследования:

- исследование и прогнозирования тенденций развития международных интермодальных транспортных коридоров через и в обход территории Российской Федерации (например, между странами Юго-Восточной Азии и Китая и Западной Европы);

- установление зависимостей социально-экономических показателей развития регионов от показателей развития и состояния дорожной отрасли;

- разработка методов определения требуемого уровня развития дорожной сети регионов и республики в целом с учетом фактического состояния и прогноза развития экономики, производственного потенциала, освоенности территории, численности населения и его размещения, существующей и перспективной транспортной инфраструктуры, природно-климатических и других особенностей;

- совершенствование методов диагностики, оценки и прогноза состояния дорог как основы планирования работ по содержанию и совершенствованию существующих дорог;

- обоснование генеральной схемы автомобильных дорог общего пользования с учетом развития международных транспортных коридоров;

- исследование влияния потребительских свойств дорог на технико-экономические показатели работы автомобильного транспорта для экономического обоснования управляющих воздействий и технических решений;

- разработка технологии управления развитием и состоянием дорожной сети и методов обоснования оптимальной стратегии управления с учетом различных финансовых и материально-технических ограничений на федеральном и территориальном уровнях.

Необходимо продолжить и завершить развитие сети местных дорог с твердым покрытием, связывающих все населенные пункты, а также строительство новых и совершенствование существующих дорог высоких категорий по направлениям массового движения легковых автомобилей и автобусов. При наличии ограничений по финансовым возможностям необходимо установить приоритетность очередности и последовательности их выполнения в масштабе всей страны и различных регионов с учетом состояния существующей сети, потребностей ее развития, наличия реальных возможностей и других факторов. Эта проблема должна решаться исходя из стратегической цели и задач развития дорожной сети с учетом площади территории и степени ее освоения, численности населения, размещения населенных пунктов, развития промышленности и сельского хозяйства, природно-климатических условий, также наличия и развития других видов транспорта, приоритетности и оценки эффективности развития федеральных и местных дорог в новых социально-экономических условиях.

Мировой опыт показал, что наиболее эффективным является развитие дорожной сети в два основных этапа:

- создание низовой сети дорог, связывающих все населенные пункты, которые решают важнейшую социальную задачу обеспечения свободного перемещения и надежных связей с соседними пунктами, а также экономическую задачу, поскольку создавалась возможность перевозки грузов по кратчайшим направлениям на короткие расстояния;

- строительство автомобильных магистралей по направлениям транспортных коридоров, по которым сложились или ожидаются массовые перевозки грузов и пассажиров на большие расстояния.

При этом местная сеть дорог превращается в систему питания автомобильной магистрали грузами и пассажирами для данных перевозок. Необходимо четкое согласование федеральных и региональных программ развития дорог, учитывая то, что строительство крупных магистралей без создания в зоне ее влияния сети местных дорог резко снижает эффективность капиталовложений в их создание и социальную значимость.

Необходимо учесть перспективы дальнейшей интеграции России в международное сообщество и развития международных автотранспортных связей по ряду направлений. Важным этапом в развитии дорожной сети, этапом технического прогресса является ее техническое совершенствование в соответствии с возрастающими требованиями движения. В качестве первой стадии этого этапа необходимо перейти на строительство всех новых дорог независимо от категории под осевую нагрузку 10 т и более.

Важной является проблема повышения технического уровня и эксплуатационного состояния

существующих дорог. Опыт показывает, что эффект от каждого рубля, вложенного в ремонт и содержание дорог, в 2-3 раза больше, чем от рубля, вложенного в строительство новых дорог. Поэтому экономически целесообразно как можно быстрее привести состояние существующих дорог в соответствие с современными требованиями.

В формировании программ развития и совершенствования дорожной сети, отборе инвестиционных объектов для включения в программы на каждом этапе и оценке их экономической эффективности необходимо использовать три группы показателей:

- транспортный эффект, характеризующий прямую выгоду пользователей дорог от улучшения дорожных условий в виде снижения себестоимости перевозок и сокращения потребности в транспортных средствах вследствие повышения их производительности;

- социально-экономический эффект, в связи с повышением удобства безопасности сообщения, сокращенным временем пребывания пассажиров в пути, потерь от дорожно-транспортных происшествий, сокращением экономического ущерба от воздействия автотранспортного потока на окружающую природную среду;

- внетранспортный экономический эффект в других отраслях экономики вследствие активизации предпринимательской деятельности, повышения сохранности и сокращения времени доставки грузов.

6. Совершенствование методов проектирования и строительства автомобильных дорог и мостов

Направление предусматривает совершенствование методологии проектно-исследовательских работ на основе широкого использования новейших автоматизированных систем, формирования обновленной нормативной базы в сфере проектирования и строительства дорог и мостов, организации и контроля качества строительства автомобильных дорог общего пользования. В состав направления входят:

- разработка усовершенствованных технологий инженерных изысканий и автоматизированного проектирования автомобильных дорог общего пользования и мостов, в том числе применение геоинформационных и навигационных систем;

- разработка норм проектирования автомобильных дорог общего пользования с учетом необходимости гармонизации отечественных и зарубежных нормативов;

- разработка норм общего пользования с учетом обеспечения требуемого уровня качества дорожных работ;

- создание и внедрение новых искусственных материалов с управляемыми физико-механическими свойствами для применения в различных слоях дорожных конструкций и создание новых нетрадиционных дорожных конструкций;

- разработка альтернативных вяжущих для покрытий автомобильных дорог высоких категорий;

- совершенствование методов использования мерзлых грунтов при сооружении земляного полотна в зоне вечной мерзлоты;

- совершенствование методов применения долговечных цементобетонных конструкций дорожных одежд;

- исследование влияния параметров элементов автомобильных дорог и их эксплуатационного состояния на скорость движения автомобилей и транспортные издержки.

В рамках актуализируемой концепции предполагается поставить и предложить к решению следующие вопросы проектирования нежестких дорожных одежд для правильного понимания механизма работы каждого слоя, построения теоретической базы для специалистов в областях дорожного материаловедения и технологии строительства дорог:

- определение эффективных расчетных схем, основанных на применении достижений фундаментальных наук, например, модернизация и расширение функциональных возможностей применения расчетная схема слоистого упругого полупространства при неподвижной нагрузке, напряженно-деформированном состоянии слоистого линейного вязкоупругого полупространства при неподвижной и движущейся нагрузках;

- задача о напряженном состоянии сплошного слоя, опирающегося на основание, имеющее разрывы сплошности, поиск решения по расчету на изгиб слоя усиления, положенного поверх основания, имеющего трещины или разрывы;

- задача о напряженно-деформированном состоянии слоистого пространства, один из слоев которого – зернистый несвязанный (например, щебеночный), оценка нелинейности связи между напряжениями и деформациями с учетом температуры асфальтобетонного покрытия, определение метода расчета на прочность щебеночного слоя, расчет сетки, армирующей щебеночный слой;

- задача о термонапряженном состоянии слоистой среды, создание теоретической базы для обоснованной разработки конструкций дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями минимальной толщины за счет рационального конструирования дорожных одежд;

- определение подходов к решению задач расчета упругопластического или упруго-вязкопластического слоистого полупространства;

- определение теоретических подходов к решению задач оценки критерия предельного состояния – накопленное остаточное вертикальное перемещение поверхности покрытия – глубина колеи (в рамках задачи о слоистом упругопластическом полупространстве, подвергаемого действию повторных нагрузок), задача прогноза образования поперечной неровности покрытия в зависимости от состава и интенсивности движения;

- оценка срока службы дорожных одежд в явной форме при расчете ее толщины;
- определение зависимости параметров исходной дорожной одежды, толщины и характеристики ее слоев от показателя ее состояния после заданного срока эксплуатации при определенной интенсивности и составе движения;
- преодоление существующего разрыва между критериями предельного состояния и расчетными характеристиками, используемыми при проектировании дорожных одежд, и требованиями стандартов к качеству материалов слоев (использовать прочность на изгиб при кратковременной нагрузке, а не прочность на сжатие);
- исследование методов рационального конструирования дорожной одежды с учетом оптимального использования материалов, определение принципов установления сочетания слоев, их взаиморасположения и соотношения толщин, чтобы конструкция дорожной одежды была рациональной с точки зрения строительной механики и технологически осуществимой.

7. Совершенствование методов ремонта и содержания автомобильных дорог и мостов

Совершенствование системы ремонта и содержания дорог и мостов имеет целью разработку эффективного комплекса мер, способных в сжатые сроки и при рациональном уровне затрат восполнить накопленный недоремонт сооружений, а также создать организационную и научную основу для перехода к широкому использованию предупредительных мер, позволяющих существенно сократить затраты на ремонт и содержание дорог и мостов, обеспечить высокий уровень эксплуатационного содержания и повышения технического уровня существующих дорог, их инженерного оборудования и обустройства, формирования системы дорожного сервиса, повышение уровня организации и безопасности движения.

К научному обеспечению совершенствования методов ремонта и содержания дорог относятся:

- создание научных основ теории содержания и ремонта автомобильных дорог;
- разработка методов оценки и прогнозирования состояния земляного полотна, дорожных одежд и покрытий в процессе эксплуатации;
- разработка методов повышения трещиностойкости асфальтобетонных покрытий на различных основаниях;
- разработка принципов и методов применения предупредительных мероприятий и ремонтов, позволяющих существенно снизить затраты на ремонт и содержание дорог, в том числе методов оценки, прогноза и образования колеи, неровностей, ямочности, трещин, шелушения и выкрашивания;
- разработка методов ликвидации деформаций и разрушений земляного полотна и дорожных одежд на ранней стадии их развития;
- развитие холодных технологий при ремонте и содержании автомобильных дорог;

- рассмотрение придорожной полосы как циклически действующей буферно-накопительной зоны, поиск новых методов зимнего содержания дорог, защиты дорог от снежных заносов, прогнозирования и предупреждения зимней скользкости путем создания антигололедных покрытий нового поколения, новых экологически безопасных химических материалов;

- разработка методов оценки и прогнозирования сроков службы эксплуатируемых мостов на основе их мониторинга;

- обоснование методов контроля и требований к работам по содержанию автомобильных дорог.

8. Совершенствование методов реконструкции автомобильных дорог и дорожных сооружений

Направление предусматривает проведение комплекса научных исследований, направленных на совершенствование методологии реконструкции дорог и дорожных сооружений с целью повышения пропускной способности, транспортно-эксплуатационных качеств и долговечности дорожной сети России.

В состав направления входят:

- решение задачи наиболее эффективного использования элементов и конструкций существующей дороги путем разработки специальных норм и требований проектирования реконструкции;
- решение проблем надежного сопряжения существующего и нового земляного полотна, основания и дорожной одежды, придания им равнопрочности и устойчивости;
- разработка современных методов реконструкции труб, мостов и других инженерных сооружений.

Введение обязательной практики при реконструкции автомобильных дорог требований обеспечения жесткости, а не увеличения толщины дорожного полотна, для чего рекомендовать применение современной техники и технологий фрезерования дорожного полотна.

9. Повышение безопасности дорожного движения

Направление предусматривает реализацию программного подхода к осуществлению мероприятий по снижению дорожной аварийности на основе ликвидации и профилактики возникновения опасных участков на существующей дорожной сети в сочетании с обеспечением маршрутной безопасности движения, приоритетного учета требований обеспечения безопасности движения при строительстве новых автомобильных дорог, стадийного улучшения транспортно-эксплуатационных качеств дорог с учетом наблюдаемого уровня аварийности.

Научные исследования по данному направлению должны включать:

- разработку целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения на феде-

ральных дорогах России» на среднесрочный период;

- разработку методических документов по реализации отраслевой целевой программы и ее научное сопровождение;
- безусловное исполнение положений ФЗ «О техническом регулировании» по вопросам разработки и применения технических регламентов с учетом оценки степени риска и оценки тяжести причиняемого вреда;
- совершенствование научно-методического аппарата по определению коэффициента сцепления на основе современных теорий триботехники, например, на основе модели комбинированного трения В.Ф. Журавлева и коэффициента сцепления покоя;
- совершенствование технических средств организации дорожного движения с разработкой государственных стандартов и отраслевых норм;
- разработку программы развития дорожного сервиса на федеральных автомобильных дорогах;
- совершенствование системы учета и анализа дорожно-транспортных происшествий в дорожном хозяйстве с целью выбора эффективных мер по борьбе с дорожной аварийностью.

10. Повышение качества дорожных работ и дорожных сооружений

Необходимы исследования, устанавливающие требуемые нормы качества дорожных работ с учетом материально-технического состояния отрасли, и исследования надежности работ автомобильной дороги как сложной системы, позволяющие определять экономически целесообразные сроки службы отдельных элементов этой системы. Для поднятия технологической дисциплины необходима разработка правовых актов, определяющих ответственность за качество работ, а также стандартов, устанавливающих сроки службы дорожных сооружений. В состав направления входят:

- совершенствование отраслевой системы менеджмента качества дорожно-мостовых работ и пакета документов по качеству;
- совершенствование отраслевой системы сертификации дорожной продукции и услуг;
- совершенствование системы метрологического обеспечения дорожного хозяйства;
- разработка экспресс-методов и приборов для контроля качества дорожных материалов и дорожно-мостовых работ;
- разработка основ концепции управления качеством в дорожной отрасли.

11. Повышение экологической безопасности дорожного хозяйства

Приоритетный характер имеют научные исследования следующих направлений:

- разработка методов, позволяющих с достаточной степенью надежности оценить состояние окружающей среды на придорожных территориях с учетом интенсивности, состава и условий движения, транспортно-эксплуатационных

качеств автомобильных дорог общего пользования, средств защиты и других местных факторов;

- разработка методов оценки и прогнозирования экономического ущерба от экологических воздействий на этапах строительства и эксплуатации автомобильных дорог общего пользования;
- разработка методов сокращения выбросов АБЗ и других дорожных предприятий с учетом технологических и природных особенностей;
- создание и применение экологически безопасных противогололедных материалов и технологий.
- разработка системы мониторинга экологического состояния автомобильных дорог общего пользования;
- разработка концепции управления природоохранной деятельностью в дорожном хозяйстве;
- разработка и реализация региональных программ повышения экологической безопасности автомобильных дорог общего пользования;
- разработка программы мероприятий дорожного хозяйства в рамках Конвенции снижения эмиссии метана и парниковых газов (ратифицированной Российской Федерацией в 2005 г.), разработка предложений по созданию системы экспертизы и базы данных реализации квот и внедрения технологий экологической безопасности.

12. Создание системы практической реализации научно-технической продукции

Это направление предусматривает создание условий для широкого использования научно-технических достижений в практике дорожных организаций с целью обеспечения функционирования науки, техники и производства как единой системы, связи между научными исследованиями и их практической реализацией. В состав направления входят:

- создание организационной, нормативно-правовой и методической основы функционирования механизма практической реализации достижений науки в дорожном хозяйстве;
- совершенствование и развитие отраслевой интегрированной информационной системы в дорожном хозяйстве, включающей телекоммуникационные компоненты, системы связи, геоинформационные технологии, информационные банки данных по дорожным технологиям;
- разработка системы закупок и распределения материалов и дорожно-строительной техники в дорожном хозяйстве, создающей оптимальные условия для планирования внедрения современных, перспективных дорожных технологий;
- создание эффективного механизма научного (научно-технического сопровождения) внедрения инноваций при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог и сооружений на них;
- разработка мероприятий по внедрению отечественной высокотехнологичной дорожной техники через систему лизинга;

- разработка и утверждение рекомендаций по научному (научно-техническому) сопровождению внедрения инноваций при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог и сооружений на них.

13. Совершенствование кадрового обеспечения дорожного хозяйства

Целью развития данного направления является обеспечение дорожного хозяйства инженерными и научными кадрами, способными обеспечить высокий уровень качества строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог с использованием новейших отечественных и зарубежных машин и оборудования и применение наиболее эффективных технологий, достигнутых в мировой практике.

В состав направления входят:

- подготовка инженерно-технических кадров в высших и средних специальных учебных заведениях России по согласованным программам и в соответствии с приоритетами научно-технической политики;
- поддержка материальной базы высших и средних специальных учебных заведений через систему подготовки кадров и повышение квалификации;
- совершенствование системы дополнительного профессионального образования кадров дорожного хозяйства, включающей оценку и прогнозирование кадровой потребности, подготовку резерва на замещение руководящих должностей;
- создание системы стимулирования для привлечения в аспирантуру и докторантуру наиболее одаренных молодых ученых и специалистов дорожного хозяйства;
- организация системы научной стажировки молодых специалистов в странах, достигших наибольшего прогресса в области технологии дорожного строительства;
- согласование тематики кандидатских и докторских диссертационных работ с приоритетами научно-технической политики дорожного хозяйства.

Необходима подготовка ведущих специалистов по важнейшим научно-техническим направлениям в подведомственных научных организациях Росавтодора путем обучения в докторантуре и аспирантуре подготавливаемых кадров высшей квалификации и проведения целевых диссертационных исследований в области дорожного хозяйства.

Основные научные направления: методология проектирования автомобильных дорог и искусственных сооружений на них, земляное полотно, режимы, безопасность и управление движением транспортных средств, дорожные материалы, технология строительства, ремонта и содержания дорог и мостов, дорожно-мостовая гидравлика и мостовые сооружения, диагностика дорог и сооружений и оценка их транспортно-эксплуатационных качеств, дорожное машиностроение, информаци-

онно-телекоммуникационное обеспечение, экономика, планирование и управление дорожным хозяйством, дорожная метеорология и др.

14. Охрана интеллектуальной собственности и патентно-лицензионная деятельность

С целью обеспечения защиты интеллектуальной собственности предлагается проведение научного и предварительного патентного анализа перечня технических решений для первоочередного патентования. Предлагается разработать рекомендации по патентованию объектов интеллектуальной собственности в Федеральном дорожном агентстве, подготовить перечень важнейших патентов, которые могли быть предложены для включения в перечень отечественной высокотехнологичной продукции и критических технологий дорожного хозяйства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Решение перечисленных актуальных задач дорожной науки позволит перейти на инновационный путь развития отечественного дорожного хозяйства – поиска и накопления теоретических знаний в различных смежных областях науки и техники, практического использования этих знаний для разработки новых высокоэффективных материалов, технологий, приборов, техники и оборудования, обеспечить повышение срока службы дорог и искусственных сооружений, создание эффективной системы управления научным комплексом дорожного хозяйства, качеством дорожных работ и услуг, сократить стоимость дорожных работ на основе развития и совершенствования научных исследований и техники, инновационной деятельности, технического регулирования [6-8].

Список литературы

1. Кочетков А.В., Аржанухина С.П., Сухов А.А. и др. *Состояние нормативного обеспечения инновационной деятельности дорожного хозяйства* // *Качество. Инновации. Образование.* – 2010. – № 9. – С. 40-44.
2. Кочетков А.В., Карпеев С.В., Сухов А.А. и др. *Методика оценки экономической эффективности деятельности органов управлений дорожным хозяйством по освоению новых технологий, техники и материалов* // *Строительные материалы.* – 2010. – № 5. – С. 4-7.
3. Кочетков А.В., Аржанухина С.П., Сухов А.А. *Нормативно-методическое обеспечение развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве* // *Инновации.* – 2011. – № 7. – С. 90-93.
4. Сухов А.А., Кочетков А.В., Янковский Л.В. *Организационно-экономический механизм инновационной деятельности дорожного хозяйства* // *Инновационный Вестник Региона.* – 2012. – № 4. – С. 40-45.
5. Кочетков А.В., Сухов А.А., Карпеев С.В., и др. *Освоение инноваций в дорожном хозяйстве* // *Инновационная деятельность.* 2010. – № 2. – С. 12-17.
6. Кочетков А.В., Сухов А.А., Чванов А.В. *Формирование научно-инновационной политики дорожного хозяйства* // *Инновационная деятельность.* – 2010. – № 3. – С. 41-46.
7. Кочетков А. В. *Совершенствование направлений научного обеспечения инновационной деятельности дорожного хозяйства* // *Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера / Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета.* – 2012. – № 4.

8. URL: <http://koet.syktu.ru/vestnik/2012/2012-4/2012-4.html>.

9. Кочетков А.В. Анализ современного состояния и проблем развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера. Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2012. – № 3. URL: <http://koet.syktu.ru/vestnik/2012/2012-3/4/4.html>.

УДК 531.31

СИЛЫ ИНЕРЦИИ

THE FORCES OF INERTIA

Ключевые слова: механика, инерция, системы отсчета, принцип, сила, ускорение, тело.

Keywords: mechanics, the inertia of the system of reference, the principle, force, acceleration, body.

Аннотация

Силы инерции рассматриваются с позиции классической (нерелятивистской) механики. Со времен Аристотеля, а точнее, Галилея, понятия физической и математической сущности сил инерции неоднократно подвергались ревизии. В предлагаемой статье анализируются различные точки зрения в современном подходе к силам инерции.

Annotation

The forces of inertia are considered from the standpoint of classical (non-relativistic) mechanics. Since Aristotle, or rather, Galilee, the concept of physical and mathematical nature of inertial forces repeatedly subjected to revision. The article analyses different points of view in the modern approach to forces of inertia.

Кочетков Андрей Викторович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
д-р техн.наук, профессор Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина, член Президиума Российской академии транспорта

Федотов Петр Викторович

эксперт ООО «Научно-исследовательский центр технического регулирования»

Три класса сил инерции в ньютоновской механике

«Вопрос о силах инерции всегда вызывает много споров и затруднений и нередко приводит к разногласиям не только среди лиц, изучающих механику, но даже среди специалистов-механиков. Это, несомненно, свидетельствует о том, что вопрос о силах инерции представляет известную трудность и заслуживает особого рассмотрения» [1, с.3].

«Несмотря на кажущуюся простоту исходных

положений и основных законов классической механики, усвоить их не так просто. Заблуждения здесь подстерегают на каждом шагу» [2, с. 3].

Эти слова написаны много лет назад, но споры о вопросах, которые должны были решить написанные книги, не утихают до сих пор.

Так, в Физической энциклопедии сказано: «При изучении движения по отношению к инерциальной системе отсчета силы инерции **вводят** для того, чтобы иметь формальную возможность составлять уравнения динамики в форме более простых уравнений статики (см. Д'Аламбера принцип).

Понятие о силах инерции вводится также при изучении относительного движения. В этом случае присоединив к действующим на материальную точку силам взаимодействия с другими телами переносную силу $J_{пер}$ и Кориолиса силу инерции, можно составить уравнения движения этой точки в подвижной (неинерциальной) системе отсчета, также как и в инерциальной» [3, с. 494].

Другими словами силы инерции **вводят искусственно** в двух случаях: во-первых, согласно принципу Д'Аламбера, для сведения уравнений динамики к уравнениям статики и, во-вторых, в неинерциальных (подвижных) системах отсчета для возможности написания уравнений движения в неинерциальных системах отсчета, в таком же виде, как и в инерциальных. Естественно, следует вывод, что в обоих случаях, в инерциальных системах отсчета силы инерции не действуют. Те же самые выводы содержатся практически во всех современных учебниках по теоретической механике.

Например, в первом томе Берклиевского курса физики сказано: «Итак, можно найти инерциальную систему отсчета, т.е. такую систему отсчета, в которой с очень большой точностью сила F равна ma . Это много раз подтверждено на опыте. Мы установили, что в инерциальной системе отсчета все силы, действием которых объясняется движение галактик, звезд атомов, электронов и т.д., обладают тем общим свойством, что величина силы, действующей на тело, обязательно уменьшается по мере того, как это тело удаляется все дальше и дальше от своих соседей. Мы увидим, что если избрать неинерциальную систему отсчета, то появятся *кажущиеся* силы, которые не обладают этим свойством, т.е. они не обусловлены присутствием других тел вблизи данного тела» [4, с. 88]. И далее «Если мы проводим опыты в неинерциальной системе отсчета, то составляя уравнение, характеризующее действие силы, мы всегда обязательно должны учитывать ускорение этой системы a_0 . Имея дело с неинерциальной системой отсчета, часто бывает удобно вместо a_0 **вводить величину F_0** , определенную таким образом, чтобы уравнение приняло вид $F + F_0 = ma$, где величина $F_0 = -ma$ называется фиктивной силой или силой инерции, в отличие от истинной силы F » [4, с. 102].

Но если авторы «Механики» из Беркли утвер-

ждают, что силы инерции кажущиеся или фиктивные, то автор другого курса физики Д.В. Сивухин пишет следующее: «Реальны или фиктивны силы инерции? Ответ на этот вопрос зависит от смысла, который вкладывается в слова «реальный» и «фиктивный». Если придерживаться ньютоновской механики, согласно которой все силы должны быть результатом взаимодействия тел, то на силы инерции надо смотреть как на фиктивные силы, исчезающие в инерциальных системах отсчета. Однако такая точка зрения не обязательна. На силы инерции можно смотреть как на действия, которым подвергаются тела со стороны каких-то реальных силовых полей.

Независимо от того, какую из этих точек зрения мы примем, существует много явлений, которые могут быть интерпретированы как проявления сил инерции. Конечно, все эти явления можно понять, не пользуясь представлениями о силах инерции, а рассматривая движение относительно инерциальной системы отсчета. Однако во многих случаях бывает проще рассматривать явления непосредственно в движущейся системе отсчета, не переходя к инерциальной. Кроме того, иногда затруднительно разделить полную силу, действующую в неинерциальной системе отсчета, на «реальную» силу, возникающую из-за взаимодействия тел, и «фиктивную» силу инерции, связанную с ускоренным движением системы отсчета» [5, с. 336].

Д.В. Сивухин разъясняет одну из причин, споров по поводу реальности сил инерции: «Центробежные силы, как и всякие силы инерции, существуют лишь в ускоренно движущихся (вращающихся) системах отсчета и исчезают при переходе к инерциальным системам. Забыв это, можно прийти к парадоксам, которые часто ставят в тупик школьников¹. Путаница происходит из-за того, что в технической механике термин «центробежная сила» иногда² употребляют в совершенно другом смысле. Центробежной силой называют *силу реакции*, с которой тело А, вращающееся по окружности, действует на тело В, принуждающее его совершать это вращение. Равную ей и противоположно направленную силу, с которой тело В действует на вращающееся тело А, называют *центростремительной*. Центростремительная и центробежная силы, так понимаемые, всегда приложены к *разным телам*. Обе они являются «настоящими силами» в смысле ньютоновской механики, т.е. возникают в результате взаимодействия тел. По существу терминологии, конечно, нельзя привести никаких возражений, речь идет только о целесообразности. При втором определении центробежной силы она не приложена к вращающемуся телу и потому не может оказывать на него никакого действия. Действительно, центробежная сила стремится удалить тело от оси вращения.

¹ Справедливости ради надо отметить, не только школьников, но и инженеров (прим. авт.)

² На самом деле очень часто (прим. авт.)

Но это утверждение относится к центробежной силе, понимаемой как *сила инерции*. Мы не будем употреблять термин «центробежная сила» во втором смысле. Под центробежной силой мы будем всюду понимать силу инерции, действующую только во вращающихся системах отсчета и исчезающую при переходе к инерциальным системам» [5, с. 342].

Таким образом, автор университетского курса по механике отмечает, что существует два смысла термина «центробежная сила». В одном смысле эта сила является силой инерции (фиктивной), существующей только в неинерциальной (вращающейся) системе отсчета, в другом, – она же является реальной физической силой. В то же время в Физической энциклопедии термин «центробежная сила» приводится только в смысле «силы инерции» [6, с. 426].

Принципиально важным является указание на то, что центробежная сила является реальной физической силой в случае рассмотрения полной системы взаимодействующих тел. В этом случае центростремительная сила приложена к телу А, а центробежная сила приложена к телу В. Именно так обычно рассматриваются силы в технической механике, и поэтому в таком смысле центробежные силы – совершенно реальные физические силы. В теоретической механике обычно рассматривается абстракция, когда тела, действующие на исследуемое тело, заменяются на абстрактные векторы внешних сил, отбрасывая по умолчанию, что исследуемое тело, в свою очередь, действует на внешние тела с силой реакции, по третьему закону Ньютона.

Вот именно эти недоговоренности зачастую и приводят к спорам, реальна или нереальна «центробежная сила», действует она в инерциальных системах отсчета или нет, и вообще, существует ли в природе «центробежная сила» или это только абстракция, которая искусственно вводится в неинерциальных системах отсчета.

Можно сделать следующие выводы.

Существует два рода понятий под названием «силы инерции». Во-первых, это фиктивные силы, действующие на исследуемое тело в неинерциальных системах отсчета. Во-вторых, существуют реальные физические силы инерции, действующие со стороны исследуемого тела на связи в виде сил реакции. Причем и те и другие носят одни и те же названия: «сила инерции» и «центробежная сила». При этом, если первые действуют только в неинерциальных системах отсчета, то вторые действуют всегда, и в инерциальных системах также, поскольку они являются реальными физическими силами.

По поводу же реальности сил инерции (в первом смысле) можно сказать, что фиктивными или нереальными они могут называться только в смысле того, что их действие вызвано не другими телами, а ускоренным движением системы отсчета.

В смысле же действия на тело, ни абсолютно

реальны. Так, в примечании редакции к определению сил инерции в «Механике» Ч. Киттеля говорится: «В сущности, говоря, вопрос о реальности или фиктивности сил инерции возникает потому, что, рассматривая силы инерции, мы не можем указать второе тело, участвующее во взаимодействии, при котором возникают силы инерции. Во всем остальном подобны обычным, «реальным» силам: они способны сообщать ускорение, совершать работу, мы складываем эти силы с другими силами, которые считаем «реальными», и получаем результирующую и т.д.» [4, с. 102].

Летчики и космонавты, испытывающие перегрузки при взлете и посадке, никогда не поверят в то, что силы инерции фиктивные, кажущиеся и нереальные.

Другими словами, по крайней мере, существует два класса понятий вкладываемых в термин «силы инерции»:

1. Фиктивные силы инерции, появляющиеся в неинерциальных (ускоренных) системах отсчета.

2. Реальные физические силы реакции, действующие на разные взаимодействующие тела.

Разделение на классы требуется потому, что очень часто в разной научной литературе по данному вопросу эти совершенно разные по смыслу силы приводятся под одними и теми же названиями, например, «центробежная сила».

Мы сказали «по крайней мере, существуют два класса сил инерции» потому, что указанными классами «сил инерции» дело не ограничивается. Возвращаясь к определению сил инерции, данному в Физической энциклопедии [3, с. 494], видим, что кроме сил инерции в неинерциальных системах отсчета существует еще один случай применения термина «силы инерции». Это применение фиктивных сил инерции для формального сведения уравнений динамики к более простым уравнениям статики с использованием принципа Д'Аламбера.

Что можно сказать об этих «силах инерции»? В первую очередь, то, что они в отличие от сил инерции первых двух классов не существуют никогда и нигде, кроме формальной записи уравнений. Так, если силы инерции первого класса существуют и действуют всегда, их можно реально ощутить и измерить приборами в любой системе отсчета. Силы инерции второго класса также можно ощутить и измерить, но только в неинерциальных (ускоренных) системах. То силы инерции третьего класса не ощутимы, их нельзя измерить, они вводятся исключительно математически. Но зато их можно вводить в любой системе отсчета. Их присутствие определяется только волей человека, решающего задачу по определению движений динамической системы.

А.Ю. Ишлинский [2, с. 16] предложил соответствующее название для первого класса сил инерции «эйлеровы силы инерции». По поводу названия второго класса прижилось название «ньютоновы силы инерции» [8, с. 125]. А.Ю. Ишлинский,

напротив, считал, что применение в соответствующих случаях названия «силы инерции» нелегитимно, т.к. здесь силы являются реальными физическими, а значит, не могут быть классифицированы как «силы инерции», за которыми укрепился термин «фиктивные». По поводу третьего класса также не наблюдалось разногласий, авторы единодушно предложили название «даламберовы силы инерции».

В отношении ньютоновских сил инерции, несмотря на убедительные доводы А.Ю. Ишлинского, по-видимому, стоит признать легитимность названия, потому что, как указывал С.Э. Хайкин, «Устранить опасность недоразумений, проистекающих из-за двусмысленности³ термина «силы инерции», можно было бы путем реформы терминологии. Однако это – задача, совершенно безнадёжная. Термин этот применяется в тысячах книг, причем трудно сказать, в каком смысле он применяется чаще. Поэтому единственный выход состоит в том, чтобы возможно более отчетливо разъяснить как тот, так и другой смысл термина «силы инерции» и различия между ними. Тогда в каждом отдельном случае нетрудно будет сообразить, о каких именно силах инерции идет речь, и какое содержание вкладывать в этот термин в том или другом случае» [7, с. 4].

В числе прочих С.Э. Хайкин предложил и следующий вариант терминологии: «Чтобы отличать силы инерции в смысле Ньютона от как инерции просто, можно было бы первые называть *«реальными силами инерции»*, а вторые *«фиктивными силами инерции»*. Однако это относится к вопросам терминологии» [7, с. 97].

А.Ю. Ишлинский по поводу центробежной ньютоновой силы пишет: «Это противодействие как раз и есть ньютонова сила инерции, которую в данном случае естественно называть *физической* центробежной силой инерции или просто центробежной силой, но, конечно, без добавления слова «инерции». И здесь ньютонова сила инерции (она же физическая центробежная сила) и даламберова сила инерции равны векторно и вместе с тем различны по существу. Путать их не следует» [2, с. 16].

Но, несмотря на попытки провести терминологическую реформу, до сих пор признания физической реальности ньютоновых сил инерции, в частности физической центробежной силы, в современной научной, справочной и учебной литературе не происходит. Так что лучше разграничить силы инерции по их физическому смыслу, чем пытаться запрещать какие-либо значения распространенного и многозначного термина «силы инерции». В этом случае необходимо будет различать по физическому смыслу (согласно А.Ю. Ишлинскому):

³ Имеется в виду двойственность смысла, применяемого для реальных физических сил и фиктивных «неинерциальных» сил инерции.

1. Ньютоновы силы инерции.
2. Эйлеровы силы инерции.
3. Даламберовы силы инерции.

Подобная классификация идет несколько в разрез с предложениями А.Ю. Ишлинского. Он предлагал классифицировать силы в механике так, что к силам инерции должны относиться только даламберовы и эйлеровы силы инерции. Силы противодействия же он предлагает относить к реальным физическим силам: «силы противодействия – обусловлены свойством инертности данного тела и приложены к телам, с ним противодействующими (старое неудачное название – силы инерции по Ньютону). Предлагается эти физические силы именовать кеплеровыми» [2, с. 277].

Но, т.к., несмотря на предложение А.Ю. Ишлинского, силы инерции по Ньютону в современной справочной, учебной и научной литературе продолжают именовать исключительно как силы инерции, предлагаем не переименовывать их, а внести их в классификацию под устоявшимся названием.

Силы инерции в твердом теле

Рассмотрим один характерный пример расчета механической системы с учетом сил инерции.

В автореферате диссертации⁴ сказано, что для повышения точности позиционирования шпинделя станка необходимо учитывать силы инерции самого шпинделя. Такое возможно, только если силы инерции тела при движении будут воздействовать на само тело в неподвижной системе координат, т.к. подвижные системы координат, связанные с самим телом (в данном случае шпинделя станка) не имеют значения, необходимо решать задачу движения тела (шпинделя) именно в неподвижной системе отсчета. Согласно постулатам теоретической механики такое невозможно. Ньютоновы силы инерции реально существуют, о чем явно указывает в том числе и А.Ю. Ишлинский, но действуют они не на само тело, а на связи. Т.е. силы инерции шпинделя воздействуют на корпус станка, но не на сам шпиндель. Но не стоит задача определить движения корпуса станка под действием сил инерции шпинделя, а стоит задача найти траекторию движения шпинделя с учетом сил инерции самого шпинделя.

Автореферат диссертации написан в 2013 году, что само по себе означает, что споры о силах инерции не закончились, несмотря на существование важнейшего, фундаментального труда А.Ю. Ишлинского по исследованию природы сил инерции.

Еще более известный парадокс, который рассматривал и сам А.Ю. Ишлинский, состоит в том, что при быстрых вращениях маховика маховик разрывает силы инерции, чего также не может быть согласно канонам теоретической механики,

⁴ Кузминский Д.Л. Повышение точности изготовления деталей на обрабатывающих центрах путем коррекции пространственных перемещений: Автореф. дисс. ...канд. техн. наук. – М. МАМИ, 2013.

т.к. ньютоновы силы инерции маховика должны воздействовать на ось, на которую насажен маховик, а не на сам маховик.

Здесь опять дело в различии подходов теоретической механики и технической (практической) механики.

В теоретической механике принято рассматривать абстрактные абсолютно твердые тела, это специально оговаривается в учебниках по теоретической механике. В технической механике, напротив, принимается, что абсолютно твердых тел не существует. Именно из этой разницы начальных постулатов и проистекают различия в отношении к силам инерции.

Посмотрим, как это реализуется у А.Ю. Ишлинского. «Рассмотрим знаменитый пример с маховиком. Вы знаете, что маховик, если его вращать все быстрее и быстрее, в конце концов, разорвется. Что же его разрывает? Конечно, скажут неискушенные в механике и будут правы, – разорвут маховик *центробежные силы*. Другие, однако, «уточнят» это положение: маховик разорвут центробежные силы инерции, или, что в данном случае то же переносные силы инерции. На основании изложенных выше рассуждений нетрудно прийти к заключению, что это не так. Центробежные силы инерции⁵ не являются физическими. Следовательно, маховик разрывают не они. При вращении каждый элемент массы маховика⁶ движется по окружности и на него действуют, согласно уравнению механики, физическая сила, пропорциональная массе элемента и его ускорению. При вращении маховика с постоянной угловой скоростью эта сила направлена к его оси и называется, как известно, *центростремительной силой*. Сила эта физическая, она возникает в результате взаимодействия рассматриваемого элемента с окружающими элементами. Обратное воздействие данного элемента на другие как раз и является центробежной силой⁷, однако физической⁸, а не силой инерции» [2, с. 293].

Что можно сказать по этому поводу? Во-первых, А.Ю. Ишлинский отказывается от рассмотрения вращающегося тела как абсолютно твердого недеформируемого тела, которое как единое целое реагирует на внешние воздействия и переходит к рассмотрению тела как комплекса материальных элементов, каждый из которых находится под действием центростремительных сил, но, в свою очередь, и сам воздействует на окружающие элементы (того же самого тела) с центробежной силой. Другими словами, все точки, состав-

⁵ По Ишлинскому, эйлеровы силы инерции (прим. авт.)

⁶ Здесь А.Ю. Ишлинский показывает, что нельзя рассматривать маховик как единое целое, нужно рассматривать как систему отдельных элементов массы (прим. авт.)

⁷ Действующая, заметим, внутри тела, точнее на его элементы (прим. авт.)

⁸ Сила инерции по Ньютону. Здесь Ишлинский еще раз проводит мысль, что центробежная сила в смысле Ньютона является не силой инерции, а реальной физической центробежной силой (прим. авт.).

ляющие тело, находятся под воздействием центробежных и центростремительных сил.

Отсюда и бесконечные споры между «теоретиками» и «технарями». Если для «теоретика» очевидно, что если тело абсолютно твердое, то на него не может действовать центробежные силы, а лишь центростремительные. Все центробежные силы сосредоточены в связях тела, т.е. других телах. Для инженера считать, что тело абсолютно твердое и не деформируется под действием внешних сил, вызывающих ускорение, непозволительная роскошь. Он считает, что тело реагирует не как одно целое, а как система материальных точек, связанных нежесткими связями, а значит, все тело пронизано силами инерции.

И хотя Эйлер был первым, кто ввел понятие малых элементов тел, «телец», по Эйлеру, но учет сил инерции возникающими между «тельцами» Эйлер применял только, когда его работы касались гидромеханики.

Такое упрощение было обосновано в XVIII в., когда скорости и ускорения деталей машин были такими малыми, что ньютоновы силы инерции никак не могли деформировать, тем более разорвать твердые тела. В конце XIX в., когда скорости возросли и встал вопрос о необходимости модернизации аксиоматики теоретической механики, в науке уже устоялось мнение Эйлера, что в твердом теле деформаций быть не может. Образовалась неопределенность, которая и вызвала ожесточенные споры.

В технической механике появился «второй смысл» понимания сил инерции, по выражению Сивухина [5, с. 336]. Из работ Эйлера по гидромеханике родилось отдельное, широкое направление механики «механика сплошных сред».

«В механике сплошной среды с помощью и на основе методов и данных, развитых в теоретической механике, рассматриваются движения таких материальных тел, и расстояния между которыми во время движения меняются.

Можно указать много разнообразных движений жидкостей, газов и твердых **деформируемых** тел, с которыми мы встречаемся при рассмотрении явлений природы и при решении многочисленных технических задач» [10, с. 9].

Но в механике сплошной среды не указывается существование ньютоновых сил инерции в твердом теле, а задачи сводятся к неким математическим моделям реальности. «В механике сплошной среды разрабатываются методы сведения задач к задачам математическим, т.е. к задачам об отыскании некоторых чисел или числовых функций с помощью различных математических операций» [10, с. 14]. Задачи механики сплошных сред решаются в виде уравнений Лагранжа-Даламбера. Хотя основная аксиома механики сплошных сред лежит прямо на поверхности, тем не менее, т.к. она явно не сформулирована, то вместо реальных ньютоновых сил инерции, вводятся фиктивные даламберовы силы инерции,

равные им по величине, но принципиально разные по физической сущности. И вместо решения затянувшегося спора получается замазывание физической сущности математическими формулами и уход от физического рассмотрения вопроса.

А.Ю. Ишлинский в своих работах, посвященных силам инерции в классической механике, попытался исправить эту несогласованность, но т.к., с одной стороны, А.Ю. Ишлинский утверждал, что ньютонова центробежная сила – это не фиктивная сила инерции, а реальная физическая сила, а с другой – в теоретической механике утвердилось мнение, что центробежная сила – это исключительно эйлерова сила инерции, то усилия А.Ю. Ишлинского по прояснению затянувшейся проблемы в методическом обеспечении высшей школы остались не востребованными.

Решение затянувшегося конфликта видится, во-первых, в признании существования не «двух смыслов» понимания термина «силы инерции», как утверждал В.Д.Сивухин, а «трех смыслов». В виде «ньютоновых», «эйлеровых» и «даламберовых» сил инерции. Во-вторых, предлагается признать, что в деформируемом твердом теле на элементы тела действуют ньютоновы силы инерции. Ввиду физической реальности ньютоновых сил инерции они действуют и в инерциальной системе отсчета, чем отличаются от кажущихся эйлеровых, действующих только в неинерциальных системах отсчета.

Предлагаемое решение не требует ничего переделывать и пересогласовывать, достаточно указания, что абсолютно твердое недеформируемое тело – это принимаемое упрощение для невысоких скоростей и ускорений. Для случаев высоких скоростей и ускорений необходимо переходить к модели деформируемого твердого тела, на элементы которого действуют ньютоновы силы инерции.

Выводы:

1. В механике существуют три вида сил инерции: реальные по Ньютону, кажущиеся эйлеровы, фиктивные по Даламберу.

2. Силы инерции по Ньютону – это реальные физические силы реакции материальных точек на ускорения, и действуют они на то тело, со стороны которого действует сила, т.е. ускоряющее тело или материальную точку. Действуют в неподвижной инерциальной системе отсчета.

3. Эйлеровы силы инерции – это кажущиеся силы, которые вводятся в неинерциальных системах отсчета и действуют на ускоряемое тело.

4. Даламберовы силы инерции – это фиктивные силы, которые вводятся искусственно в математические уравнения, по принципу Даламбера, чтобы свести уравнения динамики к уравнениям статики. Их действие приписывается к ускоряемому телу, как и действие эйлеровых сил.

5. Понятие абсолютно твердого (недеформируемого) тела – это абстрактное упрощение вполне логичное и допустимое для случая малых

скоростей и ускорений. В условиях этого постулата тело реагирует так, как будто все силы приложены только к центру масс при поступательном движении, а при вращении тело вращается так, как будто не возникает внутренних сил, и оно вращается как единое целое таким образом, что все его части сохраняют взаимную ориентацию.

6. В случае перехода к большим скоростям и ускорениям необходимо переходить к определению твердого **деформируемого** тела. Согласно этому определению между отдельными частями твердого тела действуют силы инерции по Ньютону, которые невозможно игнорировать. Т.к. эти силы действуют в неподвижной системе отсчета, значит, внутри вращающегося тела действуют реальные физические силы инерции по Ньютону, причем в неподвижной системе отсчета, именно этим определение деформируемого тела отличается от определения абсолютно твердого тела.

7. Таким образом, согласно работам А.Ю. Ишлинского, внутри вращающегося тела действуют не только эйлеровы силы инерции во вращающейся системе отсчета, но и реальные (физические) центробежные силы по Ньютону.

8. Точно также реальные физические силы инерции, по Ньютону, действуют внутри любого тела движущегося с ускорением, если не считать это тело абсолютно твердым и не деформируемым.

Список литературы

1. Хайкин С.Э. Что такое силы инерции. – М.-Л., Гос. Изд-во технико-теорет. лит., 1939. – 121 с.
2. Ишлинский А.Ю. Классическая механика и силы инерции. – М.: Наука, 1987. – 321 с.
3. Физическая энциклопедия. В 5 т. / Гл. ред. А.М. Прохоров: – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. – Т. 4. – 704 с.
4. Киттель Ч., Нант У., Рудерман М. Механика. – М.: Наука, 1983. – Т.1. – С. 88.
5. Сивухин В.Д. Общий курс физики. Механика. – М., Наука, 1989. Т. I. – 520 с.
6. Физическая энциклопедия / Гл. ред. А.М. Прохоров: В 5 т. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. –Т.5. – 692 с.
7. Хайкин С.Э. Силы инерции и невесомость. – М.: Наука, 1967. – 312 с.
8. И. Ньютон Математические начала натуральной философии. – М.: НАУКА, 1989. – 688 с.
9. Эйлер Л. Основы динамики точки. – М.;Л.: ОНТИ-НКТП-СССР, 1938. – 500 с.
10. Седов Л.И. Механика сплошной среды: В 2 т. – М.: Наука, 1970. – Т.1. – 492 с.

Р.С. Статья А.В. Кочеткова и П.В. Федотова, на первый взгляд, не имеет отношения к теме конференции. В самом деле, в настоящее время при изучении динамики простых и сложных систем исследователь (и особенно проектировщик) пользуется таким мощным инструментом, как программные продукты высокого уровня. При этом нередко пользователь применяет такой инструмент в виде некоего черного ящика, не интересуясь, на основе какой классической механики (ньютоновой, даламберовой, лагранжевой, гамильтоновой) написана

программа.

В то же время для серьезных исследований динамических процессов в технических (транспортных) системах весьма полезно более глубокое знание о силах инерции, чем это принято обычно.

Авторы статьи приводят мысль о многозначности понятия силы инерции, когда они могут быть (в зависимости от исходных постулатов решаемой динамической задачи) отнесены или к даламберовой силе инерции, или к эйлеровой силе инерции, или же к ньютоновой силе инерции. В практике решения прикладных задач по динамике систем недостаточное понимание природы сил инерции и их присутствие (или отсутствие) в двух взаимоисключающих системах отсчета – инерциальных или неинерциальных – может привести к заведомо неверному результату. При этом исследователь в принципе может и не догадываться о таком (неверном) результате, т.к. полученный результат, на первый взгляд, вовсе не противоречит здравому смыслу с воззрения классической механики. Статья авторов полезна с гносеологической позиции, которая должна исключить принятие неверного решения задачи исследования динамики системы.

*От редакции сборника.
действительный член РАТ В.В. Харин.*

УДК 625

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF INNOVATIVE ACTIVITY IN THE ROAD SECTOR

Ключевые слова: инновационная деятельность, дорожное хозяйство, критические технологии, перечень мероприятий, транспортная стратегия

Keywords: innovative activity, roads, critical technologies, list of events, transport strategy

Аннотация

Рассматриваются перспективы развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве Российской Федерации. Определен перечень основных мероприятий по развитию инновационной деятельности дорожного хозяйства.

Annotation

The article considers the prospects of development of innovative activity in the road sector of the Russian Federation. Defined the list of main

activities for the development of innovative activity of road management.

Кочетков Андрей Викторович

*Пермский национальный исследовательский
политехнический университет,
профессор, д-р техн. наук, председатель
Поволжского отделения и член президиума
Российской академии транспорта, эксперт
Минюста России, член Российского общества
инженеров строительства, главный научный
эксперт ФГУП «РОСДОРНИИ»,
soni.81@mail.ru*

Янковский Леонид Вацлавович

*Пермский национальный исследовательский
политехнический университет,
доцент, канд. техн. наук,
yanekpertm@yandex.ru*

Исходя из целей и задач Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г. и результатов анализа уровня развития и потребительских свойств дорожной сети, социально-экономических факторов, к актуальным проблемам дорожного хозяйства, решение которых может быть достигнуто на основе инновационного развития, следует отнести:

- высокий уровень загрузки дорог (особенно в зонах влияния крупных городов и мегаполисов), вызванный темпами роста интенсивности движения, опережающими развитие дорожной сети;
- недостаточную долговечность и конструктивную надежность дорог и дорожных сооружений в условиях возросших транспортных нагрузок;
- высокий относительный уровень аварийности на автомобильных дорогах;
- необходимость ускоренного приведения значительной доли автомобильных дорог и искусственных сооружений в нормативное состояние по основным транспортно-эксплуатационным показателям;
- низкое качество содержания части автомобильных дорог;
- потребность в модернизации нормативно-технической базы отрасли на основе ее гармонизации с нормами, принятыми в международной практике.

Перечень критических технологий, сформированный исходя из вышеуказанных актуальных проблем дорожного хозяйства и направленных на улучшение потребительских свойств автомобильных дорог, включает:

- технологии повышения пропускной способности и оптимизации уровня загрузки автомобильных дорог;
- технологии увеличения сроков службы дорожных одежд и покрытий автомобильных дорог;
- технологии увеличения сроков службы искусственных сооружений на автомобильных дорогах;
- технологии повышения безопасности дорожного движения;

- технологии повышения качества содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений.

Конкретные дорожные технологии, конструкции, техника, материалы, технические инновационные решения при проектировании, строительстве, ремонте и эксплуатации автомобильных дорог должны соответствовать установленному перечню критических технологий при разработке планов (программ) освоения инноваций. Реализация перечня критических технологий помимо решения ключевых проблем дорожного хозяйства одновременно способствует энерго- и ресурсосбережению при строительстве и эксплуатации дорог, оптимизации стоимости и обеспечению качества дорожных работ, а также гармонизации нормативно-технической базы отрасли с нормами, принятыми в международной практике. Перечень критических технологий будет периодически уточняться Федеральным дорожным агентством на основе анализа эффективности применения имеющихся и разработки новых технологий, применение которых может иметь приоритетное значение для развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве.

Основные мероприятия по развитию инновационной деятельности дорожного хозяйства должны включать:

- совершенствование нормативной правовой базы развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве;
- развитие системы управления инновационной деятельностью в системе Федерального дорожного агентства;
- развитие инновационной деятельности в дорожном хозяйстве на основе применения перечня критических технологий;
- развитие инновационной деятельности в органах управления дорожного хозяйства субъектов Российской Федерации;
- создание полигонов для опытно-экспериментальной проверки новых конструкций, технологий и материалов;
- развитие информационного обеспечения инновационной деятельности в дорожном хозяйстве;
- научное и кадровое обеспечение инновационной деятельности;
- мониторинг внедрения новых технологий, техники и материалов;
- разработку и внедрение отраслевой информационной системы о качестве дорожно-строительных материалов;
- ведение реестра поставщиков и материалов (с механизмом подтверждения сведений, содержащихся в реестре);
- эффективное использование системы добровольной сертификации (с обеспечением формирования региональных сертификационных центров);
- организацию независимой экспертизы

проектов нового строительства, реконструкции автомобильных дорог и искусственных сооружений.

Формирование системы взаимно увязанных мероприятий предполагает разделение интересов и ответственности между Федеральным дорожным агентством, регионами и муниципалитетами, а также между государством и организациями.

Планируется, что не менее 1,5-2% средств, выделяемых на дорожное строительство, будет направлено на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в соответствии с планами и программами инновационного развития дорожного хозяйства регионов.

Стратегии и основные направления инноваций, соответствующие перечню

Выбор конкретных технологий, материалов, техники должен учитывать специфику развития и эксплуатационного состояния территориальной дорожной сети, природно-климатические условия регионов, приоритеты социально-экономического развития.

Для обеспечения единой отраслевой научно-технической политики в сфере науки и технологий планируется создание при дорожных администрациях координационных органов по инновационному развитию дорожного хозяйства на базе региональных научных центров, вузов дорожного профиля, проектных и производственных дорожных организаций и предприятий.

Создание полигонов для опытно-экспериментальной проверки новых дорожных и мостовых конструкций, технологий и материалов позволяет существенно ускорить процесс оценки эффективности инновационной продукции и ее применения на практике.

В этих целях планируется создать систему опытно-экспериментальных полигонов на реальных участках автомобильных дорог для сопоставительных исследований новых типов дорожных покрытий с улучшенными свойствами, прогрессивных материалов для дорожной разметки, геосинтетических материалов, пленок для дорожных знаков с различными световозвращающими свойствами, новых типов шероховатых поверхностных обработок, противогололедных материалов, ряда других материалов и конструкций.

Должно быть предусмотрено в целях моделирования работы дорожных одежд для совершенствования методов их расчета, исследований износа покрытий под воздействием движущейся многократной колесной нагрузки применение в соответствии с международной практикой мобильных испытательных установок, обеспечивающих ускоренный контроль состояния дорожных одежд.

Планируется создание в различных дорожно-климатических зонах Российской Федерации полевых станций наблюдений за водно-тепловым режимом земляного полотна автомобильных дорог, которые позволяют оценить его состояние по показателям прочности и устойчивости (особенно в неблагоприятные периоды года) для разра-

ботки усовершенствованных конструкций дорожных одежд (в том числе с применением геосинтетических материалов) и мероприятий по защите земляного полотна от переувлажнения.

Будут продолжены оправдавшие себя на практике опытно-экспериментальные работы по натурным испытаниям конструкций и элементов искусственных сооружений в целях разработки эффективных решений по продлению сроков службы мостов с учетом возросших транспортных нагрузок.

Должны быть продолжены исследования по оценке эффективности применяемых технологий. В этих целях планируется исследовать динамику изменения показателей технического уровня и транспортно-эксплуатационного состояния дорог, безопасности дорожного движения, межремонтных сроков и стоимости дорожных работ на участках дорог, построенных (реконструированных) и отремонтированных с применением различного вида инновационной продукции, новых технических решений, технологий и материалов. Для проведения таких комплексных исследований будут использованы результаты ежегодной инструментальной диагностики и оценки состояния федеральных дорог и мостов с применением отраслевых автоматизированных банков данных (АБДД «ДОРОГА», БД «Монстр») и организованы специальные наблюдения на опытных участках;

На основе обобщения результатов научно-исследовательских работ будут подготовлены технико-экономические обоснования по внесению изменений и дополнений в установленные межремонтные сроки дорог и дорожных сооружений, периодичность выполнения работ по содержанию с учетом применения новых технологий, обеспечивающих повышение долговечности дорог и сокращения их строительной стоимости.

Поставленные задачи инновационного развития дорожного хозяйства могут быть решены только при условии обеспечения отрасли достаточным количеством высокопрофессиональных специалистов. Кадровое обеспечение инновационного развития направлено на подготовку, привлечение и закрепление квалифицированных кадров посредством:

- подготовки и реализации Программы совершенствования лабораторной базы подведомственных учреждений и государственных предприятий научной сферы, в том числе с привлечением внебюджетного финансирования и лизинга наукоемкого оборудования;
- подготовки и реализации Программы поддержки научного кадрового потенциала дорожной отрасли (с выделением подпрограммы «Поддержка молодых ученых дорожного хозяйства»);
- устойчивого повышения заработной платы научных работников отрасли за счет широкого участия отраслевых НИИ и вузовской науки в реализации планов НИОКР Федерального дорожного агентства, территориальных органов управления дорожным хозяйством, выполнения работ по

заказам подрядных дорожных организаций;

- совершенствования требований к программам повышения квалификации специалистов и дорожных рабочих;
- установления уровня квалификационных требований для разных категорий работников дорожной отрасли и методов их достижения;
- организации стажировки научных работников отрасли в авторитетных зарубежных научных центрах;
- активизации обучения перспективных молодых ученых и специалистов в аспирантурах и докторантурах;
- проведения конкурса молодых специалистов в сфере инноваций в дорожном хозяйстве.

Мониторинг внедрения инноваций должен выполняться в целях:

- определения соответствия фактических объемов и качественных показателей внедрения новых прогрессивных технологий на объектах внедрения установленным планами и программами инновационной деятельности;
- оценки эффективности внедрения новых технологий, техники, конструкций и материалов;
- оценки соответствия применяемых и планируемых к применению новых технологий перечню критических технологий;
- оценки выполнения плана освоения инноваций и его эффективности.

В результате реализации указанного перечня мероприятий ожидается повышение транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог, увеличение межремонтных сроков, повышение безопасности дорожного движения, сокращение затрат на строительство, реконструкцию, ремонт и содержание автомобильных дорог и искусственных сооружений за счет использования прогрессивных дорожно-строительных материалов, ресурсо- и энергосберегающих технологий, применения эффективных средств инженерного оборудования и обустройства дорог, современных информационных технологий и систем связи, обеспечения действующих требований дорожной экологии.

Целевые индикативные показатели выполнения основных мероприятий стратегии соответствуют установленным в ФЦП «Модернизация транспортной системы России на период 2010–2015 гг.» (подпрограмма «Автомобильные дороги») и включают в себя:

- показатель развития дорожной сети;
- долю участков дорог в нормативном состоянии;
- долю дорожно-транспортных происшествий, возникновению которых способствовали неблагоприятные дорожные условия;
- среднюю скорость движения транспортных потоков на автомобильных дорогах.

УДК 94.47.084.9

СОЦИОКУЛЬТУРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ УРАЛА В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

THE SOCIAL AND CULTURAL INFRASTRUCTURE ON THE URALS RAILWAY TRANSPORT IN CONDITIONS OF REALIZATION OF THE GENERAL PLAN OF ELECTRIFICATION OF RAILWAYS

Ключевые слова: генеральный план электрификации, социокультурная инфраструктура, заработная плата, система здравоохранения, жилищное строительство.

Keywords: the General Plan of electrification, social and cultural infrastructure, wages, medicine service, house-building.

Аннотация

Реализация на железнодорожном транспорте Урала «Генерального плана электрификации железных дорог СССР» в 1956-1970 гг., строительство новых железнодорожных линий вызвали массовый приток на железные дороги Урала квалифицированных рабочих и специалистов. Для новых работников транспорта требовались высокая зарплата, качественное медицинское обслуживание, благоустроенное жилье, полноценный досуг. Сделан вывод о неравномерном и неритмичном развитии социо-культурной инфраструктуры железнодорожного транспорта на Урале в 1956-1970 гг. Приоритетное развитие получали учреждения и объекты инфраструктуры, располагавшиеся в крупных областных центрах и железнодорожных узлах.

Annotation

The realization of the General Plan of electrification on the Urals railway transport, new railway building led to arriving on the Urals railroads many qualified workers and engineers. All this personnel needed in house-rooms, qualitative medicine service, high wages, valuable leisure. The conclusion about the partial and spasmodic character of modernization of the social and cultural infrastructure is made in the article. Only the separate parts of infrastructure occupied in the big Urals cities satisfied all the social and cultural needs of the railroaders.

Крючков Михаил Тимофеевич
Уральский государственный университет
путей сообщения,
профессор, д-р ист. наук, профессор-консультант,
тел. 89193652823; MKruchkov@usurt.hist.ru
Конов Алексей Александрович
Уральский государственный университет
путей сообщения,
доцент, канд. ист. наук,
тел. 89126742330; alek.konov2012@yandex.ru

Социальная сфера железных дорог (оплата труда, жилищно-коммунальное хозяйство, здравоохранение, объекты снабжения, культуры, спорта и подготовка кадров) всегда представляла собой неотъемлемую часть транспортного комплекса страны, непосредственно связанную с производством и активно влияющую на всю основную его деятельность. В середине 50-х гг. XX в. проблема развития социокультурной инфраструктуры на транспорте находилась не только в поле зрения политики советского правительства, Министерства путей сообщения, но и требовала приоритетного развития.

Во-первых, несмотря на достигнутые результаты в ликвидации последствий войны 1941-1945 гг., они еще чувствовались на транспорте. Нерешенность многих социальных вопросов, даже таких, как стабильное снабжение продовольствием и водой, приводили к заметному снижению работоспособности советских железнодорожников, росту недовольства в трудовых коллективах и даже резким выступлениям против руководства дороги.

Во-вторых, интенсивные модернизационные процессы в материально-технической базе железнодорожного транспорта во второй половине XX века, связанные с началом реализации в 1956 году «Генерального плана электрификации железных дорог СССР», находились во взаимосвязи с изменениями в социокультурной инфраструктуре железнодорожного транспорта.

В 1956 г. Совет министров СССР принял Генеральный план электрификации железных дорог, предусматривающий в период 1956-1970 гг. электрифицировать 40 тыс. км линий, то есть увеличить протяженность электрифицированных железных дорог в 9 раз. Намечалось перевести на электрическую тягу в первую очередь важнейшие грузонапряженные линии с большими размерами пассажирского движения и пригородные участки в 59 крупнейших промышленных центрах.

В-третьих, в 1956-1970 гг. социокультурная инфраструктура железнодорожного транспорта Урала сохранила свое содержание, возникшее за годы своего исторического развития. В то же время она изменилась количественно и качественно. Труд на железной дороге в условиях реализации «Генерального плана электрификации железных дорог» начала реформирования сети предъявил повышенные требования к жилищно-бытовым условиям, здоровью людей, их образованию и

профессиональной подготовке. Без развития служб и учреждений социокультурной сферы, без достаточной зарплаты нельзя было осуществлять модернизацию железнодорожного транспорта [4, с. 241].

В середине 1950-х-1970 гг. на железных дорогах Урала обеспеченность жилищными условиями представляла самую серьезную проблему, от которой зависело кадровое комплектование железных дорог, сохранение на предприятиях транспорта высококвалифицированных специалистов и рабочих. В этом отношении жилищная проблема во многом определяла темпы развития научно-технического прогресса на железных дорогах, так как открытие новых предприятий на железной дороге и заполнение их квалифицированными работниками требовало параллельного строительства для этих работников благоустроенного жилья.

Положение с обеспеченностью жильем уральских железнодорожников в первые послевоенные годы (1945-1950 гг.) было достаточно тяжелым. Из общего числа 75% жилых домов размещались на станциях и разъездах дороги, остальные находились на перегонах для жилья путевых рабочих. Большая часть жилой площади была размещена в деревянных, одноэтажных малых домах, казармах и путевых будках. Домов с центральным отоплением и канализацией дороги не имели. Многие квартиры не имели электрического освещения [3, с. 142-145].

В эти же годы сложились основные способы строительства жилья на дороге: строительство на государственные средства и последующая продажа домов работникам дороги; строительство индивидуальным способом за счет выданных государством ссуд; строительство жилья на средства из фонда директора начальника дороги и предприятий. В 1957 г. значительно возросло строительство жилья хозяйственным способом с привлечением коллективов самих предприятий.

В середине 1950-х гг. на Урале начался буквально строительный бум. Массовое жилищное строительство было переведено на промышленную основу. Стали возводиться блочные, а затем крупнопанельные жилые дома, до предела унифицированы и стандартизированы проекты. С середины 1950-х гг. отдельная квартира превратилась из редчайшего исключения в преобладающую норму [3, с. 145].

В целом за период 1960-х гг. жилищный фонд Свердловской железной дороги получил значительное развитие, что видно из табл. 1.

Таблица 1
Наличие жилищного фонда Свердловской железной
дороги, тыс. м² [1]

Годы	1957	1959	1962	1964	1965	1966
Жи- лищный фонд сети дорог СССР	11 359	12 633	15 041	28 015	28 921	29 707
Жи- лищный фонд Сверд- ловской желез- ной до- роги	710,428	857,384	1 123,4	1 183,818	1 132,0	1 180,699

Из данных табл. 1 видно, что в 1957-1966 гг. жилищный фонд Свердловской железной дороги заметно вырос. В частности, среднегодовая эксплуатируемая жилая площадь дороги в 1965 г. увеличилась по сравнению с 1957 г. на 470271 м². К середине 1960-х гг. строить жилье для железнодорожников стали заметно поменьше – всего около 50 тыс. м² в год, но скоро темпы опять возросли и продолжали оставаться высокими на протяжении 1970-х гг. Жилищная проблема в отрасли стала менее острой, чем в целом по стране, по Уралу. И это обстоятельство сыграло очень важную роль в кадровом укреплении коллективов железных дорог.

Объемы строительства жилья на железных дорогах Урала напрямую зависели от размеров централизованных государственных капиталовложений в жилищную сферу. Финансирование жилищного строительства на Свердловской дороге имело следующие характерные черты. Во-первых, наибольшие объемы капиталовложений в строительство жилья получали центральные отделения дороги, близко расположенные к европейским районам СССР и больше задействованные в транзитных перевозках. Во-вторых, центральные отделения дороги, располагаясь вблизи крупных промышленных узлов и строительных площадок, имели больше возможностей для мобилизации материальных ресурсов и рабочей силы на строительство жилья, чем периферийные отделения. В-третьих, строительство жилья на центральных отделениях дороги обходилось намного дешевле, потому что новые дома строились на благоустроенных площадках с готовыми инженерными коммуникациями, чего не было на линейных станциях других отделений.

Таким образом, в 1956-1990 гг. на железных дорогах Урала произошел настоящий прорыв в области жилищного строительства. Впервые в истории советского государства и общества на железных дорогах началось массовое жилищное строительство. Начиная с 1960 г., темпы строительства жилья на железных дорогах начинают достаточно быстро затухать. Основная причина срыва программы жилищного строительства – это остаточный принцип финансирования социальной сферы народного хозяйства. Сложившиеся за

годы первых пятилеток огромные диспропорции в развитии тяжелой промышленности и фондов потребления населения привели к неразвитости социальной сферы советских граждан и срыву в последующие годы целого комплекса социальных программ. Эти диспропорции в полной мере проявились себя и на железнодорожном транспорте. Начиная с 1970 г. и без того недостаточные капиталовложения в строительство жилья стали поглощаться транспортными новостройками на севере Тюменской области и Дальнем Востоке, где наличие развитого жилого фонда стало главным условием закрепления кадров.

Одной из важнейших составных частей социальной сферы железнодорожного транспорта является организация медицинского обслуживания железнодорожников и их семей. Железнодорожный транспорт, обладая сложным по своей структуре и развитым материально-техническим потенциалом, всегда нуждался в такой же развитой и сложной по своей организации системе здравоохранения. Работа медицинских учреждений приобретает особую ответственность, так как от состояния здоровья трудящихся зависит не только качество и эффективность выполняемой работы, но и безопасность движения поездов и безаварийность работы всего транспорта. Модернизация железнодорожного транспорта в середине 1950-х–1970 гг. вызвала значительные изменения в его системе здравоохранения, ускорив темпы ее развития и расширив масштабы ее работы.

После издания постановления «О мерах по дальнейшему улучшению медицинского обслуживания и охраны здоровья населения СССР» (1960 г.) на железных дорогах Урала развернулось строительство благоустроенных типовых зданий поликлиник и больниц, параллельно с ростом отделений дорог началось совершенствование медицинского обслуживания. Здания стационаров переводились с печного на водяное отопление, к зданиям проводились канализация и горячая вода.

Лечебно-профилактические учреждения Свердловской железной дороги наряду с оказанием амбулаторной помощи больным планово проводили профилактические и оздоровительные мероприятия. Врачи и средние медицинские работники были распределены на дороге по производственным и территориальным участкам. В целом на железнодорожном транспорте постоянно поддерживалась на необходимом уровне специализация медицинского обслуживания: медицинская помощь оказывалась врачами по 30 узким специальностям. Появление новых дорожных предприятий, строительство новых железнодорожных линий, электрификация участков дороги приводили к появлению новых медицинских учреждений – стационаров, поликлиник, здравпунктов. Параллельное развитие сети медицинских учреждений было совершенно необходимым условием под-

держания работоспособности коллективов железнодорожников, особенно на новых производственных участках. Итак, новые производственные задачи стимулировали появление на дороге новых медицинских учреждений.

Весьма отрицательное влияние на стабильность врачебных кадров и качество их работы оказывал дефицит благоустроенного жилья на дорогах. Достаточно часто врачи не имели нормальных жилищно-бытовых условий. По этой причине были потеряны опытные, с большим стажем работы специалисты. При общей нехватке медицинского персонала срабатывала универсальная тенденция к распределению лучших специалистов по крупным железнодорожным узлам и областным центрам на Свердловском и Пермском отделениях. Такие же отделения, как Чусовское и Егоршинское, были укомплектованы врачами на 46-47 % [7].

Таким образом, в середине 1950-х–1970 гг. система здравоохранения на железнодорожном транспорте сделала заметный шаг вперед. Произошло значительное укрепление материальной базы системы здравоохранения на транспорте. Врачебно-санитарная служба транспорта края вышла на новые, более высокие рубежи по совершенствованию медицинского обслуживания железнодорожников. Система здравоохранения железнодорожного транспорта, пройдя в данный период весьма трудный путь своей модернизации, смогла достичь прогресса в своем развитии и значительно превзошла уровень развития системы здравоохранения в остальных отраслях народного хозяйства.

Успешная реализация Генерального плана электрификации как основного направления модернизации железнодорожного транспорта во многом зависела от такой составляющей социокультурной инфраструктуры, как заработная плата. Квалифицированные рабочие и специалисты нуждались в систематическом повышении оплаты труда в условиях роста производительности труда, его качественных результатов. В то же время необходимо было осваивать новое оборудование и сложную технику, что также требовало значительного повышения оплаты труда.

В соответствии с решениями XX съезда КПСС с конца 1956 г. началась реформа заработной платы. Изменения в политике преследовали цели: поднять уровень потребления низкооплачиваемых работников, устранить необоснованно высокую (по мнению руководства партии и государства) дифференциацию в оплате труда, создать условия для систематического совершенствования организации заработной платы и, прежде всего, ее основы – системы ставок и окладов и тем самым обеспечить материальную базу для действительного стимулирования производства. На новом этапе строительства коммунизма правительство принимало меры к постепенному сближению уровней оплаты труда различных групп трудящихся. В

целом среднемесячный заработок работника Свердловской железной дороги был все-таки невысоким (табл. 2).

Таблица 2
Среднемесячная зарплата одного работника Свердловской железной дороги, занятого в эксплуатации, руб.
[5, с. 186]

Группы работников	1 кв. 1960 г., до упорядочения заработной платы	1 кв. 1961 г., после упорядочения заработной платы	% роста заработной платы
По всем категориям	82,4	96,9	17,6
В том числе:			
рабочие	87,9	99,9	13,2
ИТР	99,1	122,9	23,8
служащие	53,4	74,4	39,2
МОП	34,2	48,5	41,9

Низкий уровень заработной платы явился важной причиной текучести кадров. Причины увольнения были разные, но низкая заработная плата и отсутствие жилья были весьма распространенными. В 1964 г. уволился 21% рабочих от общего количества работников массовых профессий, причем свыше 65% уволились по неуважительным причинам.

Существенные изменения в системе оплаты труда железнодорожников произошли в ходе реформы председателя Совета Министров СССР А.Н. Косыгина 1966 года. Постановлением Совета Министров СССР от 30 апреля 1966 г. предписывалось перейти в порядке эксперимента с 1 июля 1966 г. на новые условия хозяйствования Горьковской и Свердловской дорогам.

Дорога получила возможность самостоятельно определять сумму доходов от перевозки грузов, пассажиров, почты, багажа, а с другой стороны – норму эксплуатационных затрат и себестоимость перевозок (при условии выполнения государственного плана по прибыли). Выполняя большой объем работ при сниженной себестоимости, дорога могла зарабатывать и затем тратить заработанные деньги на внедрение новых технологий, обновление оборудования, устранение «узких» мест и, в конечном счете, на дальнейшее повышение эффективности своей работы. Часть заработанных денег переводилась в премиальный фонд.

Таким образом, железнодорожники могли теперь неплохо зарабатывать: во-первых, в рамках сохраняющегося фонда заработной платы можно было выполнить тот же объем работы меньшим составом, то есть получать повышенную основную зарплату; во-вторых, дополнительные выплаты из премиального фонда при эффективной работе коллектива могли значительно увеличить заработанную сумму.

Однако довольно скоро паритет между трудом и заработной платой был нарушен: рост заработной платы стал опережать рост производительности труда. На Свердловской дороге перестал выполняться важнейший показатель основной деятельности дороги – производительность труда. Основными причинами отставания производительности труда на дороге от роста заработной платы являлись: увеличение количества сверхурочных часов работы по таким службам, как локомотивная, вагонная, движения, грузовая, пути, пассажирская, сигнализации и связи; увеличение размера премий из фонда заработной платы и фонда материального поощрения одному работнику по всем службам [4, с. 316].

Тем не менее, уровень зарплаты на железнодорожном транспорте, как и в других отраслях народного хозяйства, оставался невысоким. В 1960-70-е гг. административные и общественные органы широко использовали такие меры морального воздействия, как присвоение почетных званий, награждение орденами и медалями, различными значками и знаками. В условиях, когда зарплата была низкой и фактически не действовали экономические стимулы, различные формы поощрения побуждали людей лучше работать. Одним из средств сокращения текучести кадров и их закрепления на предприятиях явилась выплата вознаграждения за общие итоги года пропорционально зарплате и непрерывному стажу работы.

По решению партии и правительства с 1 июля 1971 г. была повышена минимальная заработная плата до 70 рублей в месяц на железнодорожном транспорте и увеличены ставки и оклады среднеоплачиваемых рабочих и служащих. Таким образом, происходило постепенное сближение оплаты труда специалистов и неквалифицированных рабочих (табл. 3).

Таблица 3

Данные по заработной плате работников Свердловской железной дороги по категориям персонала за период 1966-1971 гг., руб. [6]

Годы	Рабочие	Инженерно-технические работники	Служащие	МОП
1966	112	127	79	59
1967	118	128	79	62
1968	119	128	84	73
1969	126	127	84	74
1970	128	128	85	75

Данные табл.3 отчетливо показывают постепенное сокращение разрыва в оплате труда рабочих и инженерно-технических работников. Советское государство стремилось уравнивать в оплате труда работников интеллектуального и тяжелого физического труда, несмотря на то, что реализация на дороге Генерального плана электрификации требовала повышения образовательного уровня, более глубокого овладения специальными знаниями. Такая политика со временем привела к падению престижа инженерно-техни-

ческого труда среди рабочей молодежи и стала одной из главных причин высокой текучести специалистов на железных дорогах.

Таким образом, в середине 1950-х–1970 гг. оплата труда работников массовых профессий и неквалифицированных работников транспорта края значительно возросла. Заработная плата уральских железнодорожников перестала тяготеть к прожиточному минимуму и постепенно поднялась до уровня, обеспечивающего неплохой достаток. Политика советского правительства и КПСС в 1956-1970 гг. по социальному выравниванию слоев общества, в том числе по выравниванию заработной платы квалифицированных и неквалифицированных работников на железнодорожном транспорте привела к снижению престижа труда руководителей, инженерно-технических кадров, мастеров.

Активные процессы модернизации на транспорте потребовали постановки работы по организации досуга железнодорожников на новый уровень в соответствии с возросшими объемами и темпами работы транспорта. Создание сложной, интеллектуальной системы подготовки кадров новых профессий на транспорте требовало неуклонного повышения общей культуры поведения железнодорожников, расширения их кругозора, интеллектуальной культуры.

В работе системы учреждений культуры и досуга на железных дорогах Урала можно выделить важнейшие особенности, которые показывают насколько важен был для железнодорожников «духовный пласт» жизни.

1. Работа культурно-просветительных учреждений была построена так, чтобы объединить людей по интересам, оказать им помощь в раскрытии их творческих задатков, получении тех знаний, к которым они стремятся. Она предполагала прежде всего общение людей в различных областях деятельности.

2. Эффективность работы клубов зависела не только от желания их работников, но и во многом от их материально-технической базы. За исключением небольшого числа хорошо оборудованных Дворцов культуры в крупных областных центрах многие клубы и Дома культуры на линейных станциях и отдаленных участках дорог владели жалкое существование, годами не получая средств на обновление культурного инвентаря и капитальный ремонт зданий. Капиталовложения в клубные учреждения непосредственно определяли разнообразие форм работы с трудящимися, возможности для развития самодеятельного искусства.

3. Дорожные культурно-массовые учреждения как ведомственные организации, прежде всего, работали на благо и в интересах работников магистральной и членов их семей, поэтому эти клубы и Дворцы культуры действовали самым тесным образом с трудовыми коллективами и общественными организациями дороги. Это нашло отражение в том, что вопросы трудовой активности же-

лезнодорожников, проявление инициативы и творчества в рабочих коллективах, борьба с недостатками, мешающими производительному труду, всегда занимали одно из главных мест в работе учреждений культуры. Пропаганда трезвости, содержательного досуга – одна из самых серьезных задач работников учреждений культуры.

4. Много внимания уделялось в учреждениях культуры досугу детей. Существовали детские группы бального танца, драматические студии, школы искусств, музыкальные школы. Успешно проводились массовые детские мероприятия: дорожные театрализованные праздники, конкурсы настольных, подвижных и эстафетных игр, детские дискотеки, книжные аукционы, клубы именинников [5, с. 346-350].

Рассмотренный в статье материал позволяет сделать ряд принципиальных выводов.

1. Модернизационные процессы на железнодорожном транспорте в 1956-1970 гг. заметно ускорили развитие его социокультурной инфраструктуры, вывели ее на качественно новый уровень. Новые железнодорожные линии, электрифицированные участки и вторые пути вызвали приток на транспорт высококвалифицированных специалистов и рабочих, которые нуждались в лучшем медицинском обслуживании, благоустроенном жилье, качественном питании и здоровом длительном отдыхе. Уровень развития социокультурной инфраструктуры железных дорог Урала напрямую определял работоспособность железнодорожников, производительность их труда, обеспечивал сохранение на дорогах квалифицированного кадрового потенциала.

2. Основными причинами отставания развития социокультурной сферы железных дорог на Урале стали остаточный принцип финансирования социальных нужд советских людей, неоправданно завышенное финансирование военно-промышленного комплекса страны в ущерб всем остальным отраслям народного хозяйства, приоритетное финансирование транспортных новостроек на Дальнем Востоке и в Западной Сибири в ущерб действующей сети железных дорог.

3. Несмотря на все издержки остаточного принципа финансирования социальной сферы трудящихся, социо-культурная инфраструктура транспорта вполне обеспечивала главную свою функцию – социальную защищенность работников, начиная с поступления на работу и до завершения трудовой и жизненной деятельности. Уральские железнодорожники и их семьи были обеспечены рядом социокультурных благ, которые поддерживали достаточно высокую производительность труда работников и создавали возможности для всестороннего развития личности.

Список используемых источников:

1. Государственный архив Свердловской области. Ф. Р-65. Оп. 10. Д. 64. Л. 85; Д. 39. Л. 55-60; Д. 57. Л. 80-84; Д. 29. Л. 75-85; Оп. 15. Д. 55. Л. 86-90.

2. XX съезд Коммунистической партии Советского Союза. 14-25 февраля 1956 г. Стенографический отчет. – М., 1956. – Т. 2. – 559 с.

3. Елисеев В. Т. Улучшение жилищных условий железнодорожников // Славный путь: Свердловская железная дорога за 40 лет Советской власти. – Свердловск: ДорНТО Свердловской железной дороги, 1957. – 166 с.

4. Лукьянин В.П. Больше века на службе России. – Екатеринбург: СВ-96, 1998. – 350 с.

5. Свердловская магистраль (1878–1990 гг.) / Под ред. проф. М.Т. Крюкова. – Екатеринбург, 1994. – 410 с.

6. Данные предоставлены заместителем начальника железной дороги по экономике и финансам И.Н. Колесниковым.

7. Центр документации общественных организаций Свердловской области. Ф. 5998. Оп. 1. Д. 1638. Л. 41; Оп. 4. Д. 55. Л. 14.

УДК 661.961.2

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА НА БОРТУ ЛОКОМОТИВА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА ТОПЛИВЕ, ОБОГАЩЕННОМ ВОДОРОДОМ

THE DEVICE FOR RECEIVING HYDROGEN ONBOARD THE LOCOMOTIVE AND RESEARCH OF OPERATION OF THE DIESEL ON FUEL THE ENRICHED HYDROGEN

Ключевые слова: дизель, генератор водорода, топливная экономичность, обогащения топлива водородом, экспериментальные результаты.

Keywords: diesel, hydrogen generator, fuel profitability, fuel enrichments by hydrogen, experimental results.

Аннотация

Разработано устройство для получения водорода на борту локомотива с целью экономии основного топлива. Проведены испытания генератора водорода, экспериментальные исследования совместной работы дизеля и генератора водорода. Оценены возможности разработанной системы обогащения дизельного топлива водородом.

Annotation

The device is developed for receiving hydrogen onboard the locomotive, for the purpose of economy of the main fuel. Tests of the generator of hydrogen are carried out. Pilot researches of collaboration of the diesel and the hydrogen generator are conducted. Possibilities of the developed system of enrichment of diesel fuel are estimated by hydrogen.

Мишкин Алексей Анатольевич

Самарский государственный университет
путей сообщения,
младший научный сотрудник Управления научно-
исследовательских работ,
преподаватель кафедры «Локомотивы»,
тел. (846) 255-68-46, (846) 255-68-58;
mishkinaa_1983@mail.ru

Носырев Дмитрий Яковлевич

Самарский государственный университет
путей сообщения,
д-р техн. наук, профессор кафедры
«Локомотивы», заместитель директора
Института транспортной техники и сооружений
СамГУПС по научной работе,
тел. (846) 255-68-46, (846) 255-68-58; tfmkdl@mail.ru

Известно, что на протяжении нескольких последних десятилетий вопросы экономии топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) являются одними из первостепенных задач мирового уровня. Для существенных сдвигов в их реализации является применение более дешевого и менее дефицитного альтернативного топлива для различных отраслей экономики и в большей степени для отраслей транспорта. С учетом дальнейшей и долгосрочной перспективы реализации данной проблемы необходимо искать пути решения, связанные с применением водорода в качестве основного топлива на транспорте, в частности на железнодорожном.

К настоящему времени доказана возможность реализации в двигателях эффективных и малотоксичных рабочих процессов при использовании в качестве топлива или его составляющей водорода (в газообразном или жидком состоянии) при внешнем и внутреннем смесеобразовании, а также при насыщении топлива водородом [1-7].

Преимущества водорода как моторного топлива состоят, прежде всего, в том, что его массовая теплотворная способность в 2,87 раза выше теплотворной способности дизельного топлива, а продуктом сгорания является в основном водяной пар. Недостатки же его обуславливаются главным образом малой плотностью как в газообразном, так и в жидком виде, а также низкой температурой кипения ($-252,6^{\circ}\text{C}$) [8; 9].

Использование водорода в качестве одной из составляющих топливной смеси позволяет без существенного изменения конструкции дизеля локомотива улучшить его экономичность и сократить выбросы токсичных компонентов выхлопа.

Но, несмотря на все преимущества применения водорода в качестве потенциального источника энергии, во-первых, следует учитывать, что водородо-воздушная смесь имеет широкие пределы воспламенения, что требует соблюдения повышенных мер безопасности и, в первую очередь, мер по взрывобезопасности. Нормальная скорость распространения пламени на порядок выше, чем у традиционных газообразных топлив, что также способствует повышенной взрывоопасности при неконтролируемых утечках водорода. Во-

вторых, использование водорода как топлива рождает проблему его размещения и хранения непосредственно на борту локомотива.

Исходя из выше сказанного, разработанное устройство для получения водорода на борту локомотива, во-первых, позволяет максимально реализовать себя с точки зрения безопасности и исключить необходимость применения на борту тепловоза разного рода накопительных систем для водорода большого объема. Во-вторых, при его разработке главным образом были проанализированы технологии получения водорода, и на основании проведенного анализа был выбран экономически оправданный способ получения газообразного водорода методом гидролиза.

На основе данного метода было разработано устройство – генератор для получения водорода на борту локомотива (рис. 1). В результате его работы, основанной на химической реакции взаимодействия щелочи и алюминия ($2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaAlO}_2 + 3\text{H}_2 \uparrow$), получаемый при этом водород направляется непосредственно в дизель локомотива, тем самым не прибегая к необходимости использования баллонов для его хранения.



Рис. 1 Устройство для получения водорода на борту локомотива – генератор водорода

В результате химической реакции, протекающей в генераторе водорода, представляющей собой гетерогенный экзотермический процесс, идущий при температурах ниже 100°C , отсутствие нерастворимых продуктов реакции делает этот способ получения водорода предпочтительным для автономных энергетических установок с большим ресурсом работы. Кроме того, положительным достоинством способа является то, что в реакции выделяется весь водород, содержащийся в исходных компонентах.

Применение алюминия как энергетического сырья обеспечивает возможность создания необходимых энергоресурсов, так как для его транспортировки и хранения не требуются специальные емкости и заправочные системы. Срок хранения алюминия и его запасы практически нео-

граниченны по сравнению с углеводородными горючими. Баки с запасом алюминия занимают мало места, так как его плотность – $2,7 \text{ г/см}^3$, плотность углеводородных горючих – $0,8 - 0,85 \text{ г/см}^3$.

При разработке генератора водорода (рис. 1) были учтены следующие основные требования для его работы на борту локомотива:

- безусловная управляемость процесса гидролиза воды алюминием;
- максимальное быстродействие и безопасность работы, в том числе в нештатных ситуациях.

С учетом указанных требований в спецификацию его работы были положены:

- химическая реакция контролируема на любой своей стадии, а длительность переходных процессов минимальна;
- твердый реагент (алюминий) имеет достаточно большую поверхность, обеспечивающую максимально необходимую производительность генератора по водороду;
- после выключения генератор водорода остается готовым к повторному запуску;
- производительность реактора генератора водорода регулируется в широком диапазоне.

Для выполнения требований, перечисленных выше, при разработке принципиальной схемы и конструкции генератора водорода были приняты следующие решения:

- в зоне химической реакции был расположен теплообменник-охладитель;
- между алюминием и охлаждающим теплообменником обеспечивался прямой тепловой контакт;
- компоновочная схема генератора обеспечивала упорядоченную циркуляцию раствора щелочи и его перемешивание;
- отношение высоты к диаметру реакционной зоны принято равным или больше 5.

С учетом этих требований были разработаны генераторы водорода транспортной энергоустановки защищенные патентами [10-13].

Основными элементами системы генерирования водорода являются химический реактор, в котором проводится гидролиз, и ресивер – накопитель водорода. Требования максимальной безопасности системы и ее минимальных габаритных размеров привели к необходимости использовать минимально возможный объем ресивера с тем, чтобы свести к минимуму количество водорода, постоянно хранящегося на локомотиве.

В ходе проведения экспериментальных исследований работы дизеля на топливе, обогащенном водородом, на первоначальном этапе было проведено испытание самого генератора водорода.

Проведенные исследования по определению динамики запуска самопрогрева и производительности генератора на рабочем режиме, при постоянных и переменных температурах электролита,

а также исследования влияния повышения давления в реакционном сосуде, определение темпа нарастания давления и температуры показали вполне приемлемые результаты. Кроме того, проводилась отработка режима охлаждения электролита в условиях включения системы охлаждения. Также отработывался режим выключения генератора водорода, проводились испытания по промывке генератора после остановки и проведения повторного запуска.

В качестве щелочи использовался 28%-й раствор NaOH и алюминий в виде пучков проволоки. Общий вид лабораторной установки генератора водорода представлен на рис. 2.



Рис. 2. Общий вид лабораторной установки генератора водорода

По исследуемым динамическим характеристикам генератора водорода с системой охлаждения получены зависимости роста давления от времени протекания реакции (рис. 3) и производительности генератора водорода от температуры в реакторе (рис. 4).

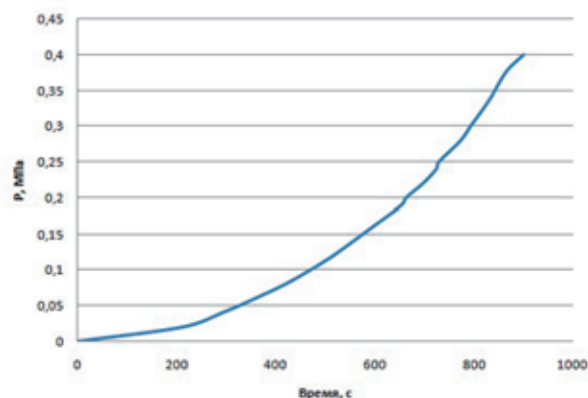


Рис. 3. Зависимость роста давления в реакционном сосуде от времени для алюминия в виде проволоки весом $0,1 \text{ кг}$ и площадью $0,0432 \text{ м}^2$, температура электролита $35-59 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

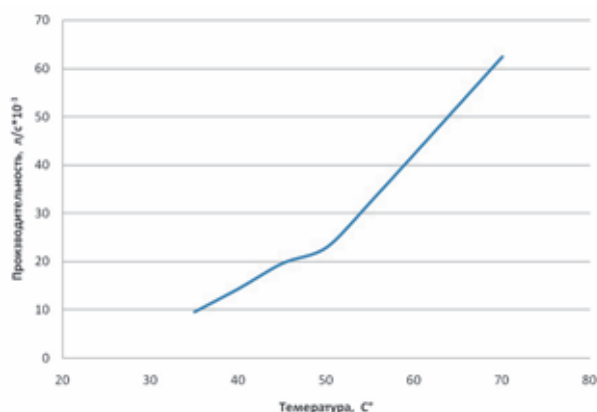


Рис. 4. Зависимость роста производительности генератора водорода от температуры для алюминия в виде проволоки весом 0,1 кг и площадью 0,0432 м², температура электролита 35-70°C

Проведенные испытания лабораторного образца генератора водорода позволили установить допустимый температурный режим в диапазоне 60-70°C, обеспечивающий оптимальную работу генератора водорода. Удельная производительность в этом диапазоне температур составила $8,95 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Экспериментально полученный выход водород составил 0,98-1,03 л/г, что позволяет проектировать генераторы водорода на любую производительность.

Разработанный генератор водорода обеспечивает режим автостабилизации расхода, состоит из двух основных частей и не представляет сложности в изготовлении, настройке и регулировке, так как имеет простые геометрические формы и использует известные функциональные узлы.

Положительные результаты испытания лабораторного генератора водорода позволили провести основные испытания по работе дизеля на топливе, обогащенном водородом.

Характеристики дизеля, его расход топлива, токсичность отработавших газов имеют положительную эффективность при влиянии водорода непосредственно на его рабочий процесс. К тому же использование топлива насыщенного водородом является достаточно перспективным, поскольку как уже было сказано, позволяет применять водород с незначительными изменениями конструкции дизеля. Для выявления экологических и экономических характеристик были проведены предварительные испытания на тракторном дизеле Д-242 при работе на дизельном топливе, а также на топливе обогащенном водородом. Схема подключения генератора водорода и устройства обогащения дизельного топлива водородом дизеля Д-242 приведена на рис. 5.

В лабораторных условиях подготовки и проведения экспериментальных исследований (рис. 5) использовался водород, вырабатываемый генератором водорода, и подавался под давлением 0,1-0,4 МПа в устройство обогащения дизельного топлива водородом.



Рис. 5. Схема подключения генератора водорода и устройства обогащения дизельного топлива водородом дизеля Д-242

Работа генератора осуществлялась согласно структурной схеме системы измерения и управления генератора водорода (рис. 6).

Одним из главных составляющих элементов процесса управления генератором водорода является контроль и поддержание необходимого расхода полученного водорода при различных режимах работы дизель-генераторной установки. Процесс регулирования расхода и оптимизации подачи водорода в топливную систему дизеля осуществлялся электронным расходомером и регулятором расхода Bronkhost EL-FLOW (рис. 7).

Показания расхода и подачи водорода фиксировались в реальном времени за экраном монитора с места оператора. Обогащение топлива водородом осуществлялось через смеситель (рис. 8, 9).

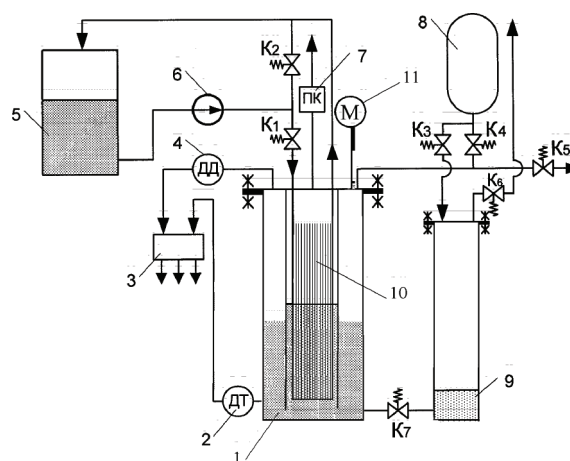


Рис. 6. Структурная схема системы измерения и управления генератором водорода:

- 1 – генератор водорода; 2 – датчик температуры;
- 3 – блок измерения и управления; 4 – датчик давления;
- 5 – емкость с водой системы охлаждения типа 1ЭНЦ 2,5-12;
- 6 – насос подачи воды в систему охлаждения;
- 7 – предохранительный клапан; 8 – емкость с газообразным водородом;
- 9 – переливная (сливная) емкость; K1-K7 – электромагнитные клапаны; 10 – реакгент (энергоаккумулирующий материал – алюминий);
- 11 – манометр

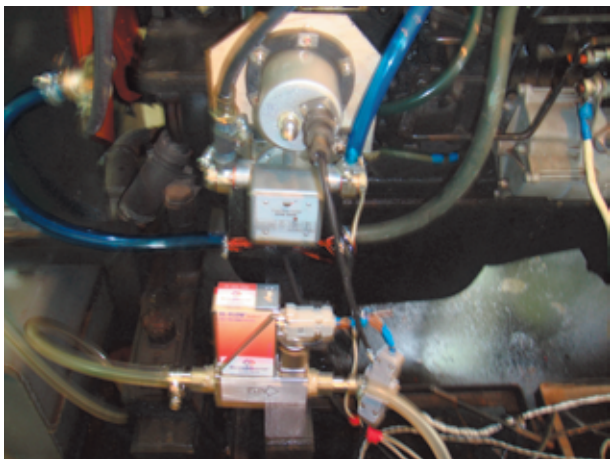


Рис. 7. Электронный расходомер регулятор расхода газа Bronkhos EL-FLOW (снизу)



Рис. 8. Топливная система дизеля Д-242 с устройством обогащения дизельного топлива водородом

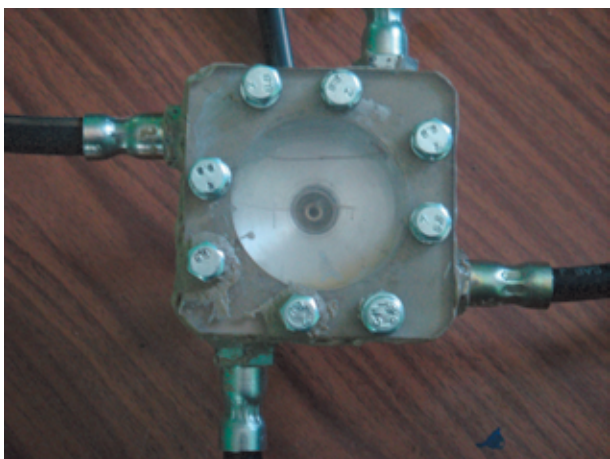


Рис. 9. Устройство обогащения дизельного топлива водородом (смеситель)

При работе дизеля на топливе, обогащенном водородом, главной задачей исследования было выяснение химического воздействия обогащенного водородом топлива на внутрицилиндровые процессы и расход топлива двигателем.

Водород в качестве добавки к дизельному топ-

ливу использовался для обогащения дизельного топлива водородом и подавался в цилиндры дизеля непосредственно с топливом. При этом, как показали эксперименты, обогащение топлива водородом в количестве 0,1% приводит к снижению удельного расхода топлива на 7%.

Таким образом, проведенные исследования показали, что анализ процесса работы дизеля работающего на топливе обогащенном водородом приводит к снижению удельного расхода топлива, что указывает на целесообразность проведения дальнейших исследований по установлению оптимальных соотношений между улучшением экономичности и экологичности дизелей тепловозной размерности.

Список литературы

1. Вагнер В.А. Улучшение экономических и экологических характеристик дизелей методом насыщения жидкого топлива водородом: Дис. ... д-ра техн. наук. – Барнаул, 1984. – 225 с.
2. Колбенов И.Л. Улучшение эксплуатационных показателей энергоустановок мобильных сельскохозяйственных агрегатов путем применения автотракторного генератора водорода: Дис. ... д-ра техн. наук. – Л., 1988. – 375 с.
3. Передрий В.Ф., Носков Н.И., Петренко Л.А. Эффективность использования предварительной термохимической подготовки топлива в системах питания дизелей // Двигателестроение. – 1990. – №6. – С.31-32.
4. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 376 с.
5. Колбенов И.Л. Повышение энергоэкологических показателей автотракторных дизелей // Двигателестроение. – 1987. – №12. – С. 53 – 56.
6. Мишкин А.А., Муратов А.В. Эффективность применения водорода в двигателях внутреннего сгорания // Дни студенческой науки: Сб. науч. тр. студентов и аспирантов. – Самара: СамГАПС, 2006. – С. 55-56.
7. Мишкин А.А., Муратов А.В. Анализ работы дизеля тепловоза при частичной замене дизельного топлива водородом // 3-я Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта». – Самара: СамГАПС, 2006. – С. 93–95.
8. Чертков Я.Б. Моторные топлива. – Новосибирск: Наука, 1987. – 208 с.
9. Канило М. И др. Энергетические и экологические характеристики ГТД при использовании углеводородных топлив и водорода. – Киев: Научна Думка, 1987. – 315 с.
10. Носырев Д.Я., Мишкин А.А., Жуков Д.А. Генератор водорода транспортной энергоустановки. Патент РФ №60508 Б.И. №3 от 27.01.2007 г.
11. Носырев Д.Я., Мишкин А.А. Генератор водорода транспортной энергоустановки. Патент РФ №62922 Б.И. № от 10.05.2007 г.
12. Носырев Д.Я., Мишкин А.А., Елагин М.С., Кабанов П.А. Генератор водорода. Патент РФ №125182 от 27.02.2013 г.

АНАЛИЗ МЕТОДИК МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

ANALYSIS OF TECHNIQUES OF MODELLING OF INDUSTRIAL DIVISIONS OF THE MOTOR TRANSPORTATION ENTERPRISE

Ключевые слова: имитационное моделирование, система массового обслуживания, автотранспортное предприятие.

Keywords: simulation modelling, queuing system, motor transportation enterprise.

Аннотация

Выполнен анализ методик моделирования производственных подразделений автотранспортного предприятия. Предлагается использовать для моделирования и оптимизации структуры зоны технического обслуживания имитационную модель функционирования зоны как замкнутой многоканальной системы массового обслуживания с простейшими потоками.

Annotation

The analysis of techniques of modelling of industrial divisions of the motor transportation enterprise is made. It is recommended to use simulation model of the closed multichannel queuing system with elementary streams for modelling and optimisation of structure of a zone of maintenance operation.

Монтик Сергей Владимирович

Брестский государственный технический
университет,
доцент, канд. техн. наук, заведующий
кафедрой ТЭА,
svmontik@mail.ru

При проектировании и реконструкции автотранспортных предприятий (АТП) возникает задача оптимизации средств обслуживания автомобилей, т. е. определение оптимального количества постов зон диагностирования, технического обслуживания (ТО), текущего ремонта автомобилей по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственного подразделения и потери прибыли от простоя автомобилей.

Наиболее широко используемыми методами моделирования для оптимизации структуры средств обслуживания автомобилей являются

теория массового обслуживания и имитационное моделирование.

Целью данной работы является анализ методик моделирования производственных подразделений автотранспортного предприятия с целью выбора наилучшей для конкретных условий методики на основании сравнения получаемых результатов моделирования, адекватности реальным производственным процессам, возможности выполнения оптимизации структуры производственных подразделений.

Сравнение методик моделирования выполнялось на примере моделирования зоны ТО автобусов комплексного автотранспортного предприятия. Первоначально для заданного количества автобусов был выполнен технологический расчет по типовой методике, изложенной в [1; 2; 3]. Расчет проводился для следующих исходных данных: 70 автобусов МАЗ-203; III категория условий эксплуатации; климатический район – умеренный, пробег с начала эксплуатации в долях от пробега до списания (ресурса) – до 0,25; количество транспортных средств, обслуживаемых и ремонтируемых в организации – от 100 до 200 единиц; среднесуточный пробег – 250 км. Режим работы зоны ТО: 252 дня в году, 1 смена, длительность смены – 8 часов. Определялись: годовое количество ТО-1 (490 обслуживаний), такт поста t_n (6,86 часа), ритм производства R_n (4 часа), требуемое количество постов ТО-1 (расчетное 1,75; принятое – 2 поста).

Теория массового обслуживания использовалась для аналитического описания работы зоны ТО. Зона ТО моделировалась с помощью: 1) многоканальной замкнутой системы массового обслуживания (СМО) с простейшими потоками; 2) многоканальной разомкнутой СМО без потерь с неограниченной длиной очереди. Расчет параметров СМО выполнялся по методикам, изложенным в [4; 5]. При этом рассматривался установившийся режим работы СМО, когда вероятностные характеристики системы постоянны во времени. Входящий поток требований образуется автомобилями, требующими выполнения ТО. Каналы обслуживания моделируют посты зоны ТО.

Для разомкнутой СМО интенсивность поступления требований на обслуживание I определялась как величина, обратная ритму производства, а интенсивность обслуживания μ – как величина, обратная такту поста. Для замкнутой СМО интенсивность поступления требований на обслуживание определялась как величина, обратная интервалу времени поступления автомобилей в ТО-1 $T_{\text{ТО-ТО}}$, который определялся исходя из количества дней, через которые автомобиль должен поступить на ТО-1, т.е. скорректированный пробег до ТО-1 делился на среднесуточный пробег автомобиля, а затем полученное количество дней умножалось на время работы зоны ТО-1 в сутки.

Нужно отметить сложность и громоздкость вычислений параметров аналитической модели

замкнутой многоканальной СМО при большом количестве обслуживаемых автомобилей.

Имитационное моделирование является численным методом определения параметров функционирования различных систем по многочисленным реализациям с учетом вероятностного характера протекания процесса. Преимущество имитационного моделирования заключается в том, что оно воспроизводит процесс функционирования системы во времени. При этом имитируются элементарные явления, составляющие процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени. Имитационное моделирование позволяет также исследовать СМО, определять их характеристики.

Для имитационного моделирования процесса функционирования зоны ТО-1, состоящей из одного, двух и трех постов, использовалась система GPSS World Student Version 5.2.2 [6]. При составлении имитационной модели процесса функционирования зоны ТО, зона ТО рассматривалась: первый вариант – в виде разомкнутой СМО с простейшими потоками; второй вариант – в виде замкнутой СМО с простейшими потоками. При этом предусматривалась возможность образования очереди. В имитационной модели в системе GPSS World посты зоны ТО моделировались с помощью одноканальных (Facility) и многоканальных устройств (Storage), а автомобили, требующие ТО, моделировались с помощью транзактов.

Для моделирования простейшего потока требований интервал времени между соседними событиями должен иметь показательное распределение [4; 6]. Поэтому при имитационном моделировании зоны ТО как разомкнутой СМО интервалы времени поступления автомобилей на ТО задавались по экспоненциальному закону с математическим ожиданием, равным ритму производства, а интервалы времени на обслуживание одного автомобиля – также по экспоненциальному закону с математическим ожиданием, равным такту поста. Для определения показателей работы зоны ТО как разомкнутой СМО количество требований на обслуживание, которые поступят в систему в процессе моделирования, задавалось равным 1000.

При имитационном моделировании зоны ТО как замкнутой СМО использовался другой подход. Первоначально с помощью оператора GENERATE задавалось количество автомобилей в АТП. Затем выполняется задержка автомобиля на время выполнения транспортной работы до следующего ТО. Далее автомобиль проходит ТО и возвращается в систему для выполнения транспортной работы до следующего ТО. Цикл повторяется для каждого автомобиля в течение времени моделирования работы зоны ТО.

Интервалы времени поступления автомобилей на ТО задавались по экспоненциальному закону. Математическое ожидание интервалов времени поступления автомобилей на обслуживание $T_{\text{ТО-ТО}}$

определялось так же, как и для аналитической модели замкнутой СМО (см. выше). Время моделирования работы зоны ТО-1 составляло 2016 часов, что соответствовало времени работы зоны в течение одного года.

Сравнение имитационных и аналитических моделей зоны ТО выполнялось по следующим параметрам: средняя длина очереди на ТО, среднее время нахождения автомобиля в очереди, среднее число занятых постов ТО, коэффициент загрузки зоны ТО. Данные параметры можно определить в любой из предложенных выше моделей.

Также рассматривалась возможность выполнения оптимизации зоны ТО с использованием данных моделей. Для этого определялись параметры моделей при числе постов зоны ТО от одного до трех, при этом интервалы и интенсивность поступления автомобилей на ТО, а также интервалы и интенсивность выполнения ТО соответствовали приведенным выше, т. е. требуемому количеству постов зоны ТО, равному двум, по детерминированной методике расчета.

Результаты моделирования представлены на рис. 1-4. При этом для аналитической модели разомкнутой СМО при $\lambda / \mu > 1$ расчет не возможен, т. к. длина очереди будет расти до бесконечности.

Анализ результатов моделирования показывает, что для всех рассматриваемых моделей среднее число занятых постов ТО и коэффициент загрузки зоны ТО отличается незначительно. Средняя длина очереди и среднее время нахождения в очереди отличаются для различных моделей в 2,84 раза.

При применении имитационного моделирования работы зоны ТО как разомкнутой СМО интенсивность поступления требований не зависит от количества автомобилей, которые уже прошли ТО.

Имитационные модели разомкнутых СМО целесообразно использовать для моделирования работы автозаправочных станций и станций технического обслуживания автомобилей, т.к. при этом имитационные модели соответствуют логике функционирования реальных объектов во времени.

При имитационном моделировании функционирования зоны ТО как многоканальной замкнутой СМО с простейшими потоками в полной мере отражается организация ТО автомобилей на АТП, которое обслуживает только свой подвижной состав: количество автомобилей при моделировании ограничено и задается первоначально; после обслуживания автомобиль возвращается к выполнению транспортной работы, а затем после того, как его пробег будет соответствовать скорректированному пробегу до ТО, автомобиль поступает в зону ТО на обслуживание.

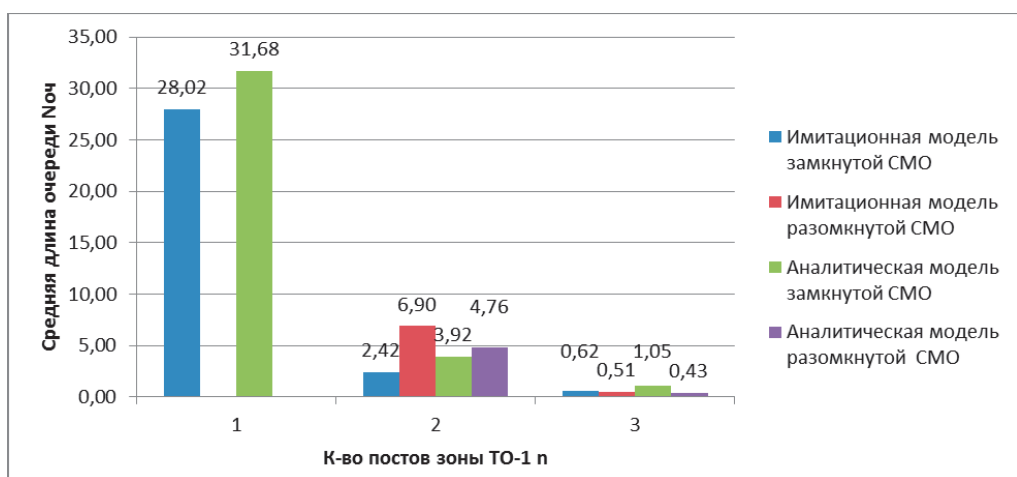


Рис.1. Зависимость средней длины очереди на ТО от количества постов в зоне ТО



Рис.2. Зависимость среднего времени нахождения автомобиля в очереди от количества постов в зоне ТО

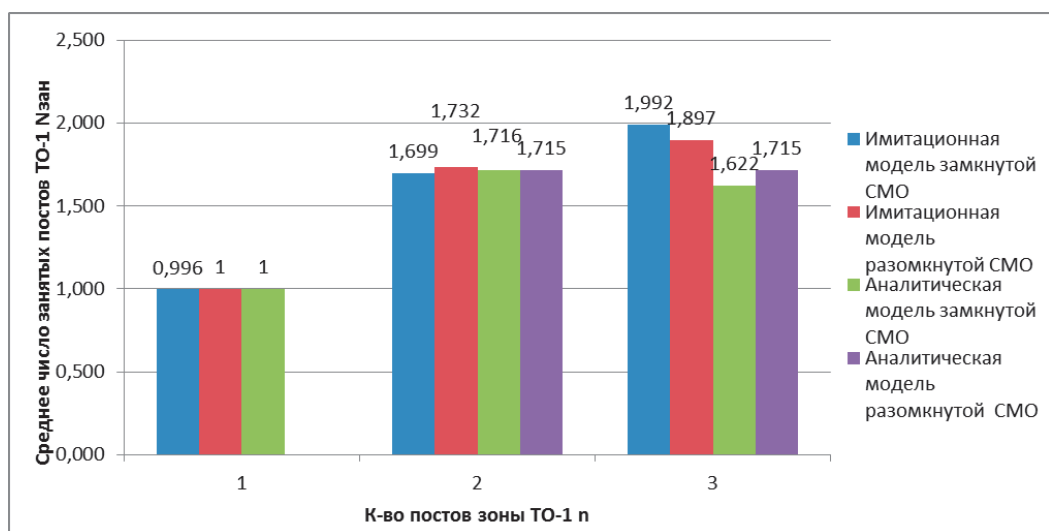


Рис.3. Зависимость среднего числа занятых постов ТО от количества постов в зоне ТО

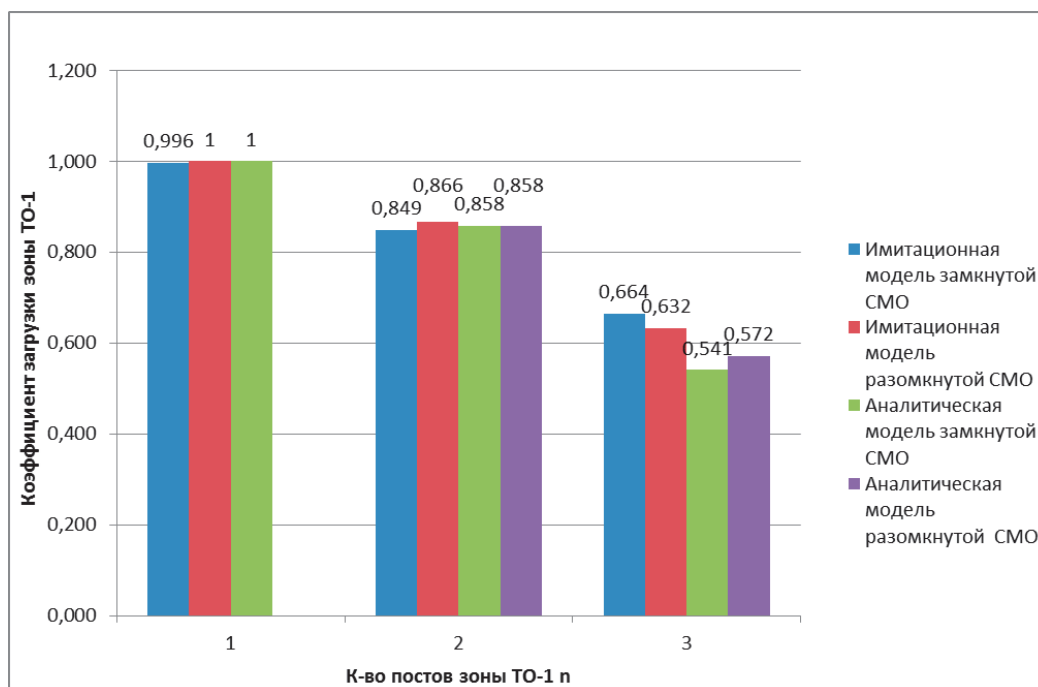


Рис.4. Зависимость коэффициент загрузки зоны ТО от количества постов в зоне ТО

Годовое количество ТО-1, определенное по имитационной модели зоны ТО, как многоканальной замкнутой СМО, составляет 501 облуживание, что незначительно отличается (на 2,3%) от годового количества ТО-1, определенного по типовой методике технологического расчета. Это подтверждает соответствие выбранной модели реальной системе.

Определяемые по результатам моделирования зависимости средней длины очереди автомобилей на облуживание, среднего времени нахождения в очереди, среднего числа занятых постов зоны ТО и коэффициента загрузки зоны ТО от количества постов в зоне, позволяют определять время простоя автомобиля в очереди и в облуживании, а также время простоя постов ТО и в дальнейшем выполнять оптимизацию структуры зоны ТО по критерию минимальных суммарных затрат. Сведения о средней длине очереди на облуживание позволяют выбирать структуру зоны ТО с необходимым количеством постов ожидания.

Проведенный анализ методик моделирования производственных подразделений автотранспортного предприятия позволяет рекомендовать для моделирования и оптимизации структуры зоны ТО автотранспортного предприятия имитационную модель функционирования зоны ТО как замкнутой многоканальной СМО с простейшими потоками.

Использование таких моделей дает возможность определить все необходимые данные для нахождения оптимального количества постов зоны ТО по критерию минимальных суммарных затрат на содержание производственного подразделения и потери прибыли от простоя автомобилей при выполнении проектирования или реконструкции автотранспортных предприятий.

Разработанные имитационные модели используются студентами специальности 1 – 37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» для оптимизации структуры зоны ТО АТП при выполнении курсовой работы по дисциплине «Основы научных исследований и инновационной деятельности» и дипломного проекта.

Список литературы

1. ТКП 248-2010 (02190). Техническое обслуживание и ремонт автомобильных транспортных средств. Нормы и правила проведения. – Минск: РУП «БелНИИТ «Транстехника», 2010. – 44 с.
2. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта: ОНТП-01-91. – М.: Росавтотранс, 1991.
3. Болбас М.М., Капустин Н.М., Савич А.С. и др. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: Учебник / Под ред. М.М. Болбаса. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 528 с.
4. Коваленко, Н. А. Научные исследования и решение инженерных задач в сфере автомобильного транспорта: учеб. пособие. – Минск: Новое знание; М.: ИНФА-М, 2011. – 271 с.
5. Шелобаев С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: Учеб. пособие для вузов. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 367 с.
6. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 320 с.

ФУНКЦИОНАЛЬНО-ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГРУЗОВОЙ СТАНЦИИ С РАЗГРУЗКОЙ ПОЛУВАГОНОВ НА ПОВЫШЕННОМ ПУТИ

FUNCTIONAL-HIERARCHICAL MODEL OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS FREIGHT STATION FOR UNLOADING OF WAGONS AT A HIGHER ROAD

Ключевые слова: функционально-иерархический метод, грузовая станция, промышленный экскаватор, полуприцеп, тормозное управление.

Keywords: functional-hierarchical method, freight station, industrial excavator, semi-trailer brake control.

Аннотация

Предложенный метод исследования сложных технических систем на основе функционально-иерархического подхода позволяет получить математическую модель необходимого уровня сложности для дальнейшего исследования на ЭВМ. Следовательно, более точно формулируются основные параметры технической системы, что позволяет сделать её оптимальнее уже на стадии научно-исследовательской работы.

Annotation

The proposed method of research of complex technical systems on the basis of functional-hierarchical approach allows to obtain a mathematical model of the necessary level of complexity for further research on the computer. Consequently, more precisely formulated basic parameters of the technical system that allows to make it better already at the stage of research work.

Новосёлов Владимир Леонидович

Челябинский институт путей сообщения,
старший преподаватель кафедры ТТП,
тел. (+7 351) 268-61-37; VladimirLN@mail.ru

Общие сведения

В настоящее время существует большое разнообразие методов исследования развития науки и техники, которые можно разделить на три основных класса:

- экспертная оценка;
- экстраполяция;
- моделирование.

Каждый из этих классов включает в себя несколько видов и групп.

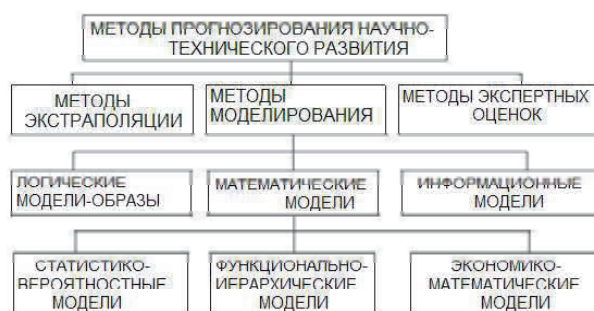


Рис. 1. Классификация методов прогнозирования научно-технического развития

Способы экспертной оценки используются в основном при проведении долгосрочных прогнозов. Способы экстраполяции применяются при прогнозировании на сравнительно небольшой промежуток времени. В основу их использования положена мысль о том, что будущее является прямым продолжением настоящего. Этот класс способов чаще всего необходим при прогнозировании количественных характеристик техники. Способы моделирования наибольшую ценность представляют при среднесрочном прогнозе. Сейчас используются методы, которые позволяют количественно оценивать потенциальную значимость взаимодействия различных отраслей науки и техники.

Для получения прогноза с наибольшей степенью достоверности необходимо использовать комплекс способов, в котором каждый дополняется и проверяется другим.

Ниже рассмотрим метод моделирования, широко распространённый при прогнозировании развития технических систем и потребностей в них.

Математическое моделирование

Создание математических моделей есть важный этап в изучении и преобразовании технических систем и объектов. Математической моделью является абстрагированное видение объекта или системы исследования при отброшенных несущественных функциях, связях и особенностях.

Методы моделирования основываются на изучении внутренней логики развития объекта прогнозирования.

Группа этих методов основана на априорном создании моделей, как можно более точно отображающих исследуемые технические явления, их рассмотрении на основе этих явлений в настоящее время и возможности развития в будущем.

В практике прогнозирования используется группа способов, основанных на построении функционально-иерархических моделей. Они позволяют количественно оценить сложность решения намечаемых задач, трудность (в сроках и средствах) достижения прогнозируемых перспектив, а также вероятность осуществления тех или иных прогнозируемых направлений.

Анализ данных прогнозирования и их сопоставление с потребностями и ресурсами позволяют составлять «сценарии» основных перспектив

развития. После предварительного исследования строится дерево целей.

Задачей является создание алгоритмов, которые можно в дальнейшем преобразовать в форму математических символов.

Мы переходим от реального технического объекта к его математическому описанию – модели, формализуем его. После этого математическая модель описывается языками программирования с целью обработки её на ЭВМ.

В этом случае работа по исследованию технической системы приобретает принципиально новый уровень и получает несравненно большую эффективность.

Функционально-иерархический метод позволяет определить способы выбора необходимых отношений среди частей сложной технической системы и выражает взаимное влияние подсистем в четкой, наглядной форме.

Пример использования математического метода

Покажем пример использования этого метода. За образец возьмём грузовую станцию с разгруз-

кой полувагонов на повышенном пути, эксплуатирующую промышленные экскаваторы и автомобильные поезда с полуприцепами-самосвалами. Задача состоит в том, чтобы правильно построить функциональную модель. От этого зависит успех исследовательской работы.

Главная функция системы может звучать так: совокупная прибыль за весь период работы. Чтобы была выполнена эта функция, необходимо исполнить основные функции. Эти функции уже соответствуют объектам более низкого уровня:

- суммарная производительность,
- суммарный объём перевозок.

Реализовать эти основные функции можно при выполнении перечня вспомогательных функций первого уровня, которые представлены в таблице. Кроме функций первого уровня, нужно выполнить функции второго уровня, которые обеспечивают реализацию функций первого уровня, потом третьего, четвертого и дальше, в зависимости от необходимой степени проработки задачи и цели исследовательской работы.

Таблица 1

Функциональная модель технической системы

Обозначение функции	Формулировка функции	Объект исследования
Главная функция		
Фо	Совокупная прибыль за весь период работы	Грузовая станция с разгрузкой полувагонов на повышенном пути, эксплуатирующая промышленные экскаваторы и автомобильные поезда с полуприцепами-самосвалами
Основные функции		
Ф1	Суммарная производительность, м ³ /год	Артель промышленных экскаваторов
Ф2	Суммарный объём перевозок, тонн·км	Бригада автомобильных поездов с полуприцепами-самосвалами
Вспомогательные функции первого уровня		
Ф11	Эксплуатационная производительность, м ³ /час	Один промышленный экскаватор
Ф12	Время работы, час/сутки	
Ф21	Грузоподъёмность, тонн	Один автомобильный поезд с полуприцепом-самосвалом
Ф22	Время работы, час/сутки	
Вспомогательные функции второго уровня		
Ф111 Ф211	Максимальная мощность, кВт	Двигатель экскаватора или автомобильного поезда с полуприцепом-самосвалом
Ф112 Ф212	Экономичность, л/моточас	
Ф113 Ф213	Масса, кг	
Ф114 Ф214	Габариты, м	
Ф115 Ф215	КПД, %	Трансмиссия экскаватора или автомобильного поезда с полуприцепом-самосвалом
Ф116 Ф216	Масса, кг	
Ф117 Ф217	Габариты, м	
Ф118	Объём, м ³	Ковш экскаватора
Ф119	Степень наполнения, %	
Ф218	Полезная нагрузка, тонн	Кузов полуприцепа-самосвала автомобильного поезда
Ф219	Коэффициент загрузки, %	
Вспомогательные функции третьего уровня (перечень функций этого уровня)		

Большое достоинство такого метода состоит в том, что сложная задача высокого уровня последовательно разбивается на простые задачи более низкого уровня. При этом видна чёткая взаимосвязь между функциями и объектами исследования.

На рис. 2 представлена функциональная модель сложной технической системы грузовой станции с разгрузкой полувагонов на повышенном пути. Здесь значимость функций для обеспечения эффективной работы предприятия снижается в направлении сверху вниз. Значимость функций есть отражение их влияния на эффективность достижения наиболее важной цели технической системы.



Рис. 2. Функциональная модель технической системы грузовой станции с разгрузкой полувагонов на повышенном пути

Для того чтобы увеличить эффективность решения вопросов исследования, классифицируем все узлы и агрегаты экскаватора по определённым признакам. Признаком классификации выберем функциональное назначение. Применительно к семейству экскаваторов все узлы и агрегаты разделим на три основные группы (рис.3):

- 1) агрегаты создания и передачи мощности;
- 2) агрегаты, которые обеспечивают выполнение требований техники и условий эксплуатации;
- 3) агрегаты, обеспечивающие комфортные условия труда машиниста экскаватора и соблюдение техники безопасности;

Узлы и агрегаты первой группы определяются мощностью двигателя. Вторая группа зависит от массы экскаватора. Узлы и агрегаты третьей группы имеют специфическое назначение.

Следовательно, подход к исследованию должен быть различным. Например, исследование узлов и агрегатов третьей группы может быть уни-

фицировано. Узлы и агрегаты второй группы зависят от тягового класса экскаватора. Отдельные узлы и агрегаты первой группы типичны для всех экскаваторов.

Этот подход даёт большие возможности для научно обоснованного выбора оптимальной степени исследования.

Самые важные параметры, влияющие на технические характеристики экскаваторов, это:

- мощность двигателя;
- экономичность;
- масса экскаватора;
- срок эксплуатации;
- условия труда машиниста экскаватора;
- трудоёмкость технического обслуживания и ремонта; и др.

Этим показателям нужно уделять самое большое внимание.



Рис. 3. Основные группы узлов и агрегатов экскаватора

Рассмотрим тормозную систему автомобильного поезда с полуприцепом-самосвалом [1-3] (рис. 4).



Рис. 4. Основные группы узлов и агрегатов тормозной системы автопоезда с полуприцепом-самосвалом

Тормозная система проектируется [3] в соответствии с требованиями к транспортному средству и с законодательными нормативами непосредственно к тормозным системам.

В случае проекта, направленного на транспортное средство, задаваясь центром тяжести транспортного средства и указанным распределением тормозной силы к передним и задним осям, определяют тормозную силу, которая необходима перед тормозными механизмами колес при всех условиях сцепления шины и дорожной поверхности.

Важные критерии проектирования:

- инструкции, регламентирующие минимальную тормозную силу, которая необходима на тормозном механизме,
- распределение веса груза,
- торможение двигателем,
- отказ тормозного контура,
- устройство, распределяющее тормозное усилие (если оборудовано),
- отказ горячего тормоза (если оборудовано),
- замедлитель (если оборудовано).

Проект, направленный на систему, основывается на колесных тормозах и на устройствах контроля (управления).

Критерии проектирования для тормозов колес:

- тормозной механизм (диск или барабан),
- выносливость (прочность и основное использование),
- место, предусмотренное для установки,
- необходимые уровни давления,
- жесткость (для гидравлических тормозов: объем тормозной жидкости, требуемой для приведения в действие).

Критерии проектирования для устройств управления:

- ход педали и усилие на педали при нормальном торможении, при аварийных остановках, с отказом тормозного контура, с отказом горячего тормоза,
- требования комфорта,
- требования монтажа,
- комбинация с регуляторами давления тормоза.

Список литературы

1. Бондарь В.Н., Новоселов В.Л. Исследование современных тормозных систем прицепов-тяжеловозов // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. Т. 45. – Челябинск: Изд-во ЧГАУ, 2005.
2. Бондарь В.Н., Прасолов Н.С., Новоселов В.Л. Стохастический анализ тормозной системы трехосного полуприцепа, оборудованного АБС // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. Т. 48. – Челябинск: Изд-во ЧГАУ, 2006.
3. Бондарь В.Н., Новоселов В.Л. Особенности проектирования и сертификации специализированных транспортных средств на базе трёхосных полуприцепов // Многоцелевые гусеничные и колесные машины: актуальные проблемы и пути их решения: Материалы Международной научной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Михаила Фёдоровича Балжи (16-17 октября 2008 г.). – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 187 с.

ПОДВОДНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МОСТОВ

UNDERWATER INSPECTIONS OF BRIDGES

Ключевые слова: инспекция, мост, дефект, повреждение, дайвинг, эксплуатация, подводное обследование

Keywords: inspection, bridge, defect, damage, diving operations, underwater inspection

Аннотация

Исследования подводных элементов мостовых сооружений через водотоки крайне важны для обеспечения безопасности и долгосрочной эксплуатации мостов. Однако в нашей стране данной теме уделяется катастрофически малое внимание. В докладе рассматривается методика и опыт подводного обследования мостов в США.

Annotation

Underwater inspections of bridges elements of over streams are extremely important for the safety and long-term maintenance of bridges. However, in our country, this topic is given little attention catastrophically. The report examines the methodology and experience the underwater survey of bridges in the United States.

Кокодеев Артемий Витальевич

Саратовский Государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, студент,

тел.89271585724; artemkokodeev@gmail.com

Овчинников Игорь Георгиевич

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, профессор, д-р техн.наук, профессор кафедры «Транспортное строительство», тел.89033280380; bridgesar@mail.ru

Мосты через реки – крупные объекты федерального значения. Их важность очевидна, как очевидна и потребность в должном уходе за такими сложными, масштабными сооружениями во время эксплуатации. Части мостов, расположенные под водой, в особенности нуждаются в обследованиях и периодическом мониторинге их состояния. Однако в нашей стране данной проблеме уделяется крайне мало внимания.

В настоящее время возраст многих транспортных сооружений исчисляется не одним десятиком лет. И не удивительно, что возрастает количество сообщений и сведений о различных дефектах и повреждениях. В отличие от прошлых лет теперь эксплуатационники стали не только внимательно наблюдать за сооружениями, но и фиксировать время, место, характер образования и развития

дефектов и повреждений. Данная информация позволяет анализировать причины появления повреждений и давать рекомендации по их устранению [4]. Очевидно, что гораздо рациональнее проводить регулярные обследования и инспекции на сооружении на предмет обнаружения даже незначительных и малозаметных деформаций. Ведь впоследствии со временем такие дефекты и повреждения могут существенно нарушить режим работы транспортного сооружения и привести к аварии, что обойдется значительно дороже, чем своевременное квалифицированное обследование объекта [2].

В то же время, обследования подводной части мостов проводятся очень редко. Но даже и в этих редких случаях результаты мероприятий отражают далеко не полную картину состояния элементов сооружения, находящихся ниже уровня реки. При инспекции подводных частей моста может обнаружиться целый ряд различных дефектов и повреждений:

- 1) наличие раскрытых трещин и отслоений бетона;
- 2) разрушения бетона (раствора) в швах кладки на частях поверхности опоры;
- 3) коррозия отдельных несущих элементов и вследствие этого их ослабление;
- 4) загрязненность приопорных зон различным мусором;
- 5) наличие на элементах моста органических бактерий и микроорганизмов (правда, их пагубное влияние на элементы сооружений не до конца изучено);
- 6) местные деформации от навала судов;
- 7) повреждения от нарушения правил подготовки и пропуска льда;
- 8) подмыв опор и других элементов вследствие определенных изменений поведения водотока (косоструйность водного потока, общее углубление русла, боковое смещение русла, воздействие на уровень воды в реке после прохождения паводка и др.);

- 9) деформации ростверка, отклонение от вертикали свай в свайных опорах и т.д. [1; 11; 12]

В процессе ознакомления с отечественными методологией, статьями и наработками по подводным обследованиям мостов удалось обнаружить только статьи [5; 6; 7]. Вследствие этого мы решили обратиться к поиску и анализу публикаций, содержащих опыт и методы подводных инспекций мостов зарубежных специалистов, в том числе ученых из США, Канады, Великобритании, Германии, Скандинавских стран и др. Найденная информация была рассмотрена и переработана в данной статье с целью увеличения объема знаний по различным аспектам подводного обследования мостов.

Подводные инспекции в США

Безопасная эксплуатация мостов в Соединенных Штатах является крайне важным и всегда актуальным вопросом, которому стараются уделять

необходимые время и ресурсы. Практически на всех мостах с различной периодичностью проводится мониторинг и обследования элементов сооружений, в том числе находящихся под водой.

В настоящее время в США существует множество организаций и компаний, специализирующихся на коммерческих обследованиях мостов, а в деятельности некоторых упор ставится именно на осмотры подводных элементов мостовых сооружений. Т.к. всегда существует проблемы: и отсутствие возможности у специалистов-инженеров самим производить погружения и вести водолазные работы, и недостаток знаний по мостостроению и содержанию мостов у опытных профессионалов-дайверов, то большинство организаций с помощью специальных курсов подбирает команды инспекторов-дайверов, обучая и проводя тренинги по повышению квалификации в той области, которой требуется.

Частные фирмы, нанятые муниципалитетами и другими государственными образованиями, в чьем попечении находится сооружение, проводят подводные обследования мостов с помощью квалифицированных инспекторов. Во главе группы, осматривающей объект, стоит профессиональный инженер-дайвер, который должен обладать необходимым опытом подводных инспекций, а также знаниями по проектированию мостов и их конструкциям. Команда инспекторов обладает необходимым оборудованием для проведения обследований и осмотров в условиях крайне низкой видимости, большой скорости течения и значительных глубин погружения. Коммерческие дайверы, сертифицированные на выполнение различных проверок и испытаний, обладают специализированными навыками по грамотному и точному определению частей и элементов моста, состояние которых важно определить при подводной инспекции. После составления отчета по проведенному осмотру моста ведущий инспектор может дать рекомендации по продолжению мониторинга за сооружением и сведения по влиянию на него имеющихся повреждений или общего и местного размыва.

Основные виды работ по контролю, тестированию и оценке включают:

- 1) разработку и создание компьютерной базы данных для составления перечня выполняемых работ по обслуживанию моста;
- 2) визуализацию подводных инспекций в 2-D и 3-D форматах;
- 3) подсчет сметы расходов на ремонтные мероприятия;
- 4) неразрушающий контроль;
- 5) судебно-медицинскую экспертизу;
- 6) комплексные инженерные отчеты;
- 7) зондирование / профилирование русла водотока;
- 8) разработку плана по ремонту и восстановительным работам;
- 9) расследование повреждений и аварий на сооружении;

10) работы на труднодоступных участках, а также работы, требующие быстрых безотлагательных действий;

11) подводные осмотры (глубиной до 50 м), осуществляемые профессиональными инженерами-дайверами;

12) фиксацию подводной инспекции, включая фотографии, видео с аудиосопровождением и использование технологий фотографирования «Clearwater» в условиях ограниченной видимости [15].

Национальные стандарты инспектирования мостов

Национальный перечень мостов (The National Bridge Inventory – NBI) Соединенных Штатов включает в себя данные по конструкции и общему состоянию примерно 603 000 автодорожных мостов. Из них примерно 502 000 мостов (около 83% от общего числа) возведены через водные препятствия [18]. И большинство аварий и катастроф на таких мостах происходят из-за подводных процессов, будь то развитие повреждений опор сооружения или размыв фундамента. Подводные обследования являются неотъемлемой частью комплексной программы обеспечения безопасной эксплуатации моста и соответственно обеспечения безопасности при передвижении по мосту. Такие инспекции могут быть важной частью решения задачи минимизации расходов на содержание моста. Также результаты подводных осмотров полезны для обеспечения бесперебойной работы сооружения.

Согласно нормам Федерального управления автомобильных дорог (The Federal Highway Administration - FHWA) и Национальным стандартам инспектирования мостов (National Bridge Inspection Standards -NBIS) устанавливаются минимальные требования к инспекциям и осмотрам всех автодорожных мостов в Соединенных Штатах. Необходимые стандарты можно найти в разделе 23 свода федеральных нормативных актов, часть 650, подраздел С (23 CFR часть 650). Эти нормы и правила указывают на осмотры автодорожных мостов длиной более 20 футов (6,1 м), расположенных на дорогах общего пользования и находящихся в государственной собственности [11].

С 1988 года NBIS стал требовать от владельцев мостов, в чьем попечении находятся эти объекты, регулярного проведения обследований подводных элементов сооружений. Владелец мостов должен подготовить и вести реестр всех мостов, относящихся к системе NBIS, а также определить те мосты, которые требуют проведения подводных обследований. В обязанности служб эксплуатации мостов стало входить определение местоположения подводных элементов моста, их подробное описание, установление частоты и методики проведения обследований объекта и, собственно, проведение самих инспекций в соответствии с установленными процедурами.

В 2005 году NBIS постановил, что на всех инс-

пекциях подводных элементов мостов должен присутствовать квалифицированный руководитель команды инспекторов. Инспекторы-дайверы обязаны пройти специальный учебный курс по комплексным осмотрам либо тренинг для дайверов по подводным обследованиям мостов. Для мостов, элементы которых могут подвергаться размыву, владельцы сооружений должны подготовить план мероприятий по мониторингу и контролю, а также разработать решения по устранению вероятных повреждений.

Владельцы мостов должны проводить систематический контроль процедуры подводной инспекции, включая периодический надзор за командой инспекторов, а также составлять отчет по результатам проведенной инспектирующими работы. Многие владельцы мостов разработали полную документацию, в которой изложены все аспекты программы осмотров и инспекций, применяемой на конкретном объекте. В этих материалах зачастую заключены уникальные данные и требования, применяемые при обследовании конкретного сооружения.

Хотя рассматриваемое руководство предназначено для подводных инспекций (с соблюдением норм и стандартов NBIS) автодорожных мостов, расположенных на дорогах общего пользования и находящихся в государственной собственности, рекомендации и методики, содержащиеся в руководстве, в целом могут быть применимы и к железнодорожным, пешеходным и другим сооружениям, расположенным в воде [10,13].

Уровни инспекций

Возникнув в индустрии морского дайвинга и будучи взятым на вооружение ВМФ США, особое обозначение стандартных уровней периодичности инспекций получило довольно широкое признание. Уровни инспекций указывают на уровень затрачиваемых усилий и количество мероприятий, необходимых для различных обследований. Для подводных инспекций мостов приняты три уровня осмотров.

Уровень I: Визуальный осмотр.

Уровень II: Детальный осмотр с частичной очисткой поверхности элементов моста.

Уровень III: Подробный осмотр с применением неразрушающего и частично разрушающего контроля.

Стандартная профилактическая подводная инспекция моста обычно включает в себя полностью первый уровень осмотров и частично (~10%) второй уровень. Во время такого мероприятия можно задействовать дополнительные обследования по второму уровню осмотров, а также по третьему уровню при особой необходимости в анализе состояния и оценке погруженного в воду элемента сооружения.

Уровень I: Визуальный осмотр.

Инспекции данного уровня включают в себя зрительный и тактильный осмотры всех подводных элементов моста. Обследование должно быть

достаточно подробным для возможного обнаружения видимого повреждения или износа. Осмотры *I уровня* обычно затрагивают внешние поверхности всех подводных элементов сооружения, будь то бык, пилон, опора, устой, свайная рамная опора и т.д. Если требуется, в осмотр по данному уровню инспекции включают ограниченное зондирование элементов моста и приопорной зоны.

В условиях ограниченной видимости инспектор-дайвер может использовать тактильный способ обследования путем ощупывания руками. Результаты инспекции *уровня I* позволяют получить общую картину состояния опор и других частей моста под водой, а также проверить соответствие конструкций построенных элементов проекту и чертежам. На основании визуального осмотра рассматривается необходимость проведения инспекций *II и III уровней*, при этом конкретизируются места, где особенно важны дальнейшие обследования.

Уровень II: Детальный осмотр с частичной очисткой поверхности элементов моста.

При обследованиях такого уровня осуществляется более детальный осмотр, при котором подводные элементы моста очищаются от различных налетов и мусора. В морской воде уборка проводится только на особо важных участках из-за больших затрат времени. В пресной воде поверхность мостовых элементов очищается полностью. После этих мероприятий выявленные поврежденные участки должны быть измерены, необходимо оценить степень возможного ущерба и зафиксировать все документально.

Инспекции *II уровня* предназначены для обнаружения и идентификации повреждений и дефектов, которые могут быть скрыты за слоем органики, продуктов коррозии или иным налетом. Необходимо контролировать тщательность очистки для адекватной оценки состояния элемента сооружения. При этом полное удаление всех налетов, как правило, не требуется.

Уровень III: Подробный осмотр с применением неразрушающего и частично разрушающего контроля

Во время инспекции *уровня III* проводится очень детальный осмотр вызывающих опасение элементов сооружения, где, возможно, будет проведен капитальный ремонт или полная замена. Целью такого осмотра является выявление скрытого повреждения и его обследование. Проводится очистка участка, детальное измерение параметров, применяются технологии неразрушающего или частично разрушающего контроля с использованием ультразвука, осуществляется отбор проб материала, а также его испытания на твердость. Тестируются, в основном, наиболее интересные участки, повреждения на которых могут привести к нарушению безопасной работы конструкции [13].

Виды инспекций

Согласно стандартам и нормам NBIS существует семь видов инспекций мостов:

1. Плановый (стандартный) осмотр;
2. Первоначальный осмотр;
3. Осмотр повреждений и дефектов;
4. Углубленный осмотр;
5. Подводный осмотр;
6. Специальный (особый) осмотр;
7. Осмотр особо важных дефектов и повреждений моста.

Мероприятия этих видов, обследования мостовых элементов осуществляются как под водой, так и выше ее уровня. Ведомства, в чьем попечении находится мост, должны определить план инспекций: установить частоту осмотров, их уровень и дополнительные критерии контроля состояния подводных элементов моста.

Плановые осмотры

Данный вид обследований проводится регулярно и состоит из наблюдений и необходимых измерений для определения функционального состояния моста. Его целью является выявление любых изменений и деформаций сооружения по сравнению с проектом. На основании результатов подобного осмотра можно подтвердить удовлетворительность работы конструкции, либо выразить сомнения в этом. Данный вид осмотров включает в себя мероприятия, относящиеся к уровням инспекции I и II, а также исследование действия размыва на элементы моста.

Первоначальные осмотры

Первоначальный, или описательный осмотр является первой составляющей при проведении оценки состояния сооружения с целью занесения этих и других данных в особую картотеку мостового сооружения для определения общего внешнего состояния моста. Данный вид обследований может потребоваться при изменении облика конструкции, например, при его расширении, удлинении, достройке или при смене собственника. Первоначальный осмотр включает в себя уровни инспекций I и II, а также исследование размыва, если в этом возникнет потребность после *планового осмотра*.

Первоначальный осмотр может подтвердить необходимость *углубленного осмотра* определенных участков моста для подтверждения результатов инспекций уровней I и II, а также для получения точных дополнительных данных по состоянию элементов моста и русловой зоны вокруг них.

Осмотры повреждений и дефектов

При мероприятиях данного вида инспекций проводится оценка и анализ конструктивных повреждений в результате природного и экологического факторов, а также действий человека. Объем обследований должен быть достаточным, чтобы определить необходимость введения ограничений на транспортный поток с целью снятия части нагрузки с сооружения. Также такие осмотры позво-

ляют оценить и подсчитать количество работ по ремонту и восстановлению безопасной эксплуатации моста.

Углубленные осмотры

Существует возможность того, что в результате применения вышеперечисленных видов инспекций и осмотров не удастся обнаружить повреждение или дефекты в надводных или подводных элементах моста.

Вследствие этого применяют *углубленный осмотр*. Для элементов моста ниже уровня воды такой вид обследований резонно использовать в дополнение к инспекциям уровней II и III. Основные причины и условия проведения *углубленных осмотров*:

- неубедительные и вызывающие сомнения результаты *плановых осмотров*;
- существование повреждений в элементах моста, которые могут привести к аварии, а значит к жертвам и убыткам;
- уникальность конструкции моста, эффективность работы которого не может быть определена плановыми осмотрами;
- обнаружение признаков появления возможного повреждения или необратимой деформации конструкции моста.

Специальные осмотры

Данный вид осмотров может быть осуществлен на усмотрение владельца моста. Во время такого обследования проводится мониторинг уже известных (или потенциальных) дефектов и повреждений на элементах мостового сооружения. Укажем возможные причины и условия возникновения повреждений и проведения *углубленных и специальных осмотров*:

1) подъем уровня воды и наводнения. Многие мосты расположены в реках, ручьях и других водотоках и водоемах. И никакой из таких мостов не застрахован от воздействия размыва на его опоры, как русловые, так и береговые. И поэтому после каждого значительного повышения воды в водоеме необходимо обследование уязвимых участков элементов моста, в том числе фундамента, для обеспечения безопасной и надежной работы сооружения. Можно использовать и специальные приборы и устройства для мониторинга за действием водного потока, которые устанавливаются под водой и сигнализируют о потенциальной опасности;

2) воздействие навала судов. После любого столкновения судов с мостовым сооружением необходимо провести тщательный осмотр моста, в особенности его подводных элементов на предмет обнаружения повреждений. Важно быстро провести оценку состояния и возможность дальнейшей безопасной эксплуатации моста, определить размер причиненного ущерба и стоимость ремонта;

3) влияние айсбергов. Ледяные глыбы айсбергов при столкновении с мостом могут серьезно повредить опоры мостового сооружения.

Скопление льда перед опорой может ускорить размыв;

4) действие воздушных винтов и пропеллеров судов. Ускоряющиеся потоки воды от действия винтов судов могут вызвать подмыв опор и фундаментов мостов;

5) влияние неблагоприятных условий окружающей среды. Соленая, загрязненная вода, вода с высокой концентрацией химических веществ могут привести к быстрому и серьезному ухудшению состояния материалов, из которых состоят мостовые опоры. Некоторые водотоки и водоемы содействуют активной микробиологической коррозии подводных стальных элементов моста;

6) воздействие плавающего и скапливающегося мусора у причалов и опор. Большое количество мусора может значительно увеличить нагрузку на конструкцию моста, а также вызвать подмыв и деформации опор [13].

Частота подводных инспекций

Существуют критерии и условия для выбора периодичности плановых подводных осмотров, которые необходимо учитывать при принятии решения:

1. Возраст сооружения.
2. Виды строительных материалов, использованных при строительстве.
3. Геометрические параметры моста, очертание и конфигурация.
4. Особенности смежных построек на реке в виде дамб, плотин, портов.
5. Восприимчивость русла реки к размывающему действию.
6. История обслуживания моста.
7. Особенности подводной среды водотока.
8. Загрязненность реки.
9. Повреждения моста, вызванные действием водного транспорта, мусора или льда.

Многие владельцы мостов сокращают периоды между обследованиями и инспекциями сооружений до двух или четырех лет [13].

Дайвинг как метод подводных инспекций

Проводить подводные обследования мостов должны только высококвалифицированные специалисты, прошедшие специальную подготовку, отвечающие стандартам NBIS и знакомые с техникой дайвинга и знаниями мостового дела. Общций состав инспекционной команды должен быть подобран в зависимости от характеристик сооружения и пересекаемого водоема, а также ставящихся перед осмотром целей. Каждый член группы должен иметь необходимый опыт и квалификацию. Для обеспечения безопасности водолазные работы на реке рекомендуется проводить в межлунный период (период низкого уровня воды), при низком уровне загрязнения окружающей среды, а также при хорошей видимости.



Рис.1. Осмотр дайвером опоры моста

Для инспекторов-дайверов (рис.1) помимо необходимости прохождения специальных курсов NBIS существуют следующие критерии допуска к инспекциям на глубине:

1. Минимальный возраст дайвера – 18 лет, максимальный возраст – 45 лет (иногда допускают к погружениям на малую глубину).
2. Наличие освидетельствований у врача в последние 6 месяцев.
3. Хорошее физическое состояние, способность выдерживать стресс.
4. Отсутствие проблем со слухом, с сердцем.
5. Отсутствие склонности к алкоголю и умеренному курению.
6. Прохождение специальных тестов для работы на глубине.
7. Знание особых сигналов при дайвинге.
8. Способность вести работы при нулевых условиях видимости [17].

Перед каждым подводным осмотром необходимо убедиться в безопасности работ инспекторов-дайверов. Для этого важно правильно спланировать мероприятие, учитывая перечень проводимых работ и вопросы безопасности, а также ожидаемые и неожиданные проблемы, которые могут возникнуть во время обследования:

1. Глубина погружений.
2. Внезапное повышение уровня воды в реке.
3. Экстремальная температура воды в реке.
4. Загрязненность воды, ограниченность видимости.
5. Вредоносное действие воды с высоким содержанием химически активных веществ.
6. Возможность появления льда.
7. Плавающий, скопившийся мусор.
8. Строительные работы на объекте.
9. Проплывающий мимо водный транспорт [13; 16].

Применяются различные методики водолазных работ в зависимости от ставящихся целей. В случаях, когда необходимо большое количество непродолжительных погружений и главным требованием является скорость действий, применяется так называемый скуба-дайвинг (рис.2), когда дайвер оснащен автономным устройством для подачи воздуха. При неблагоприятных условиях обследования – высокой скорости течения реки,

загрязненности/мутности воды, а также при необходимости продолжительного и детального осмотра – применяют такие технологии дайвинга, при которых водолаз соединен специальными кабелями с оборудованием на поверхности (рис.3). Они обеспечивают дайвера необходимым количеством воздуха, а также коммуникацией со своей группой [14].



Рис. 2. Различные способы погружений



Рис. 3. Различные способы погружений

Для эффективной работы под водой инспектор-дайвер должен быть оснащен необходимыми инструментами и оборудованием. Зачастую значительная по времени часть всего осмотра тратится на очистку элементов сооружения от различных налетов и мусора. При необходимости отбора проб материала или другого тестирования дайвер может воспользоваться специализированными инструментами, количество и вид которых заранее определяет руководитель инспекции в зависимости от степени важности сохранения мобильности инспектора под водой. Различают ручные и электроинструменты. К первому типу относятся все стандартные инструменты: молотки, шила, ледорубы, скребки (рис.4), топоры, пилы и др. Работа с такими приспособлениями является довольно медленной и энергозатратной, что делает нецелесообразным их использование на больших рабочих поверхностях.

К электроинструментам относятся пневматические приспособления: дрели, дробилки, молотки, пилы и т.д. Но их использование ограничено глубиной 100-150 футов (30-45 м). Зачастую применение таких приспособлений является достаточно затратным ввиду необходимости их постоянной разборки и смазки. Электроинструменты

при работе образуют в воде скопления пузырей, которые мешают дайверу при обзоре. Другая разновидность электроинструментов – подводные гидравлические инструменты – является модификацией гидравлических приспособлений, применяемых на суше. Такие приборы трудно подвести к источникам питания. Также они быстро вызывают у инспектора из-за вибраций при работе. Однако подводные гидравлические инструменты не вызывают волнений и пузырей в воде.



Рис.4. Очистка дайвером бетонной поверхности подводного элемента моста с помощью ручного скребка

Подводное фотографирование

В последние годы наблюдается улучшение и модифицирование подводной техники и приспособлений, в основном из-за повышения качества съемки подводных фото- и видеооборудования. Теперь практически при любых водных условиях в реке можно получить качественные данные в виде цветных фотографий и видеозаписей. Разработаны специальные водонепроницаемые цифровые камеры (рис.5), которые могут быть оснащены различными объективами и электронной вспышкой для контроля за освещением.

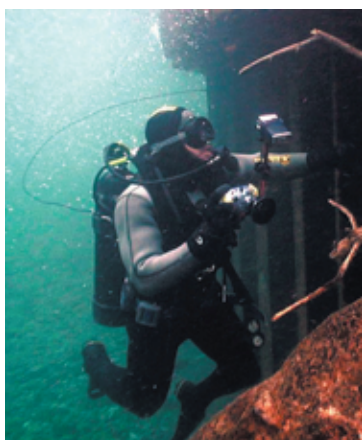


Рис.5. Работа дайвера с цифровой фотокамерой в водонепроницаемом корпусе

При работе с такими камерами важно выбрать

правильное сочетание света, а также расстояние до нужного объекта фотографирования, что весьма затруднительно из-за обмана зрения от преломляющегося под водой света. Если в воде слишком низкая видимость, необходимо воспользоваться искусственными источниками света. При рассмотрении и редактировании полученных снимков зачастую трудно определить размер рассматриваемых объектов, если не использовать соответствующие измерительные приспособления.

В настоящее время при инспекциях морских нефтяных платформ широко применяются сложные, компактные подводные камеры. При подводном обследовании можно пользоваться такими приборами, а если необходимо получать картинку с глубины в режиме реального времени, используют специальные подводные видеокамеры с кабелем, соединяющим ее с монитором на поверхности.

В случае, если вода в реке слишком мутная и видимость крайне низкая, используется так называемая clearwater box, или «короб с чистой водой» (рис.6).



Рис.6. Clearwater box

Такой «короб» изготовлен из прозрачного акрилового пластика, который может быть заполнен чистой водой и через который производится фото- и видеосъемка. «Короб» прижимается к нужной поверхности, вытесняет загрязненную воду и позволяет сделать снимок или видеозапись хорошего качества. Размеры Clearwater box определяются в зависимости от размеров интересующей поверхности. Для хорошей плавучести можно сделать в «коробе» несколько зазоров, если это необходимо. Но в любом случае необходима помощь второго дайвера: пока второй держит «короб», первый производит фотофиксацию [13].

Акустические устройства и ДУА

Еще одним видом подводных обследований мостов являются дистанционно-управляемые аппараты (ДУА). ДУА представляет собой плавающую платформу, на которой установлена видеокамера. С помощью манипулятора или джойстика приводится в действие электрогидравлическая двигательная система этой машины. Изначально было задумано, что ДУА (рис.7) будут использо-

ваться при операциях на очень значительной глубине и в местах, опасных и недоступных для обычных дайверов. Но при работе с таким аппаратом никуда не денутся такие проблемы, как ограниченный обзор в загрязненной и мутной воде, а также сложность управления в условиях выросшей скорости водного потока.

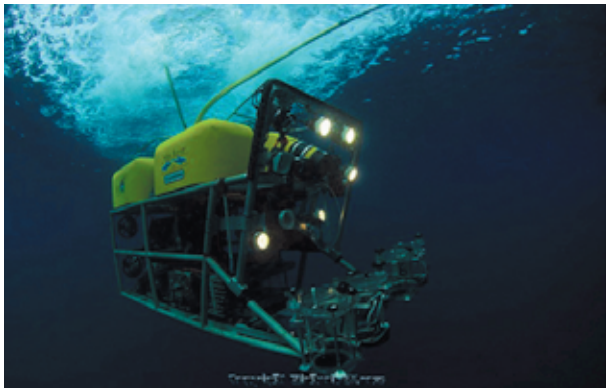


Рис.7. Сонарный аппарат ДУА в действии

На протяжении многих лет в исследованиях морских глубин и объектов использовались подводные акустические системы, или сонары (Sonar - **SO**und **N**avigational **And R**anging – звуковая навигация и ранжирование). И такие технологии вполне резонно использовать при подводных инспекциях мостов. В настоящее время получаемые изображения улучшились, как и общее качество сонаров. Применение методов акустоскопии может помочь при планировании водолазных работ при осмотре сооружения, заблаговременно обнаруживая видимые повреждения и позволяя дайверам сэкономить время и силы. Сонарные системы (рис.8) могут помочь повысить безопасность процесса дайвинга путем идентификации потенциальных опасностей и угроз жизни инспектора.



Использование сонаров актуально в случаях, когда обычные подводные камеры не могут дать четкого изображения из-за загрязненности воды. Также преимуществом акустических приборов над подводными камерами является возможность фотофиксации на большем расстоянии (до 200 футов (61 м) для сонаров по сравнению с несколькими футами для обычной камеры). Также инспекция моста с помощью подводных акустических систем необходима в таких экстренных случаях, как повреждения мостовых элементов во время навала судов, в особенности в реках с большими скоплениями мусора, затонувших судов, в воде с плохой видимостью. Резонно использовать сонары как часть инспекции уровня I для помощи в планировании эффективных действий инспекторов-дайверов [12].

Существует еще множество нерешенных проблем, касающихся методов и принципов подводных обследований мостов. Но самое главное заключается в том, что подводные инспекции мостовых сооружений являются крайне важными мероприятиями, обеспечивающими надежность и безопасность эксплуатации мостов [3].

В нашей стране предпринимаются первые шаги в этом вопросе в виде комплексных обследований мостов, и поэтому для повышения эффективности и качества проведения данных мероприятий ознакомление с опытом и методологией работы зарубежных специалистов является весьма важным фактором. Своевременное проведение подводный осмотр сооружения позволило бы избежать значительного количества аварий и катастроф, которые случились на мостах за последние несколько десятков лет.

Список литературы

1. Горобец Л.И., Суворова Е.В. Пособие по ремонту и содержанию автомобильных мостов. М., 1994. 212 с.
2. СНиП III-43-75. Мосты и трубы. Правила производства и приемки работ. Инструкция по содержанию искусственных сооружений (ЦП/4363). – М., 1986. – 24 с.



Рис. 8. Изображения опор одного из мостов в штате Айова, полученные с помощью акустических приборов. Инспекция проводилась после наводнений на Среднем Западе США в 2008 году

3. ВСН 4-81. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах. – М., 1981. – 32 с.

4. Овчинников И.Г., Шеин А.А., Пискунов А.А. Обследования, ремонт и усиление оснований и фундаментов транспортных сооружений: Учебное пособие. – Казань: Изд-во КГАСА, 2005. – 300 с.

5. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Шеин А.А. и др. Особенности подводного обследования транспортных сооружений. 1. Повреждения подводной части транспортных сооружений // Наукoведение. – 2013. – № 6 (19). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/49TVN613.pdf>.

6. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Шеин А.А. и др. Особенности подводного обследования транспортных сооружений. 2. Характерные повреждения опор мостовых сооружений // Наукoведение. – 2013. – № 6 (19). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/50TVN613.pdf>.

7. Овчинников И.И., Овчинников И.Г., Шеин А.А. и др. Особенности подводного обследования транспортных сооружений. 3. Методика подводного обследования транспортных сооружений // Наукoведение. – 2013. – № 6 (19). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/51TVN613.pdf>.

8. Гучкин И.С. Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций: Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2001. 176 с.

9. Бедов А.И., Сапрыкин В.Ф. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений: Учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 1995. – 192 с.

10. Leshko Brian J. Revised National Bridge Inspection Standards (NBIS) // Structure magazine, December 14th, 2004 USA P. 45-47.

11. Site of U.S. Department of Transportation. Federal Highway Administration.- Electronic data. - Washington, 2014. -<http://www.fhwa.dot.gov/>.

12. Daniel G. Stromberg New advances in underwater inspection technologies for railway bridges over water / Daniel G. Stromberg, Collins Engineers, Inc., 2011, Chicago, Illinois, USA, P. 29.

13. Terence M. Browne Underwater Bridge Inspection / Terence M. Browne, P.E., Thomas J. Collins, Michael J. Garlich, John E. O'Leary, Daniel G. Stromberg, Katherine C. Heringhaus, Collins Engineers, Inc. // Chicago, Illinois, USA, 2010, P. 224.

14. Wikipedia.- Electronic data. - 2014.- <http://en.wikipedia.org/>

15. Site of Collins Engineers, Inc. - Electronic data.- 2014.- <http://www.collinsengr.com/>

16. Gary L. Bowling Bridge inspection manual committee members / Gary L. Bowling, Jeff Swanstrom, Steve Tuttle, 2012, P. 595

17. K.Simon Mohd Underwater inspection of bridges illustrated with case study / K.Simon Mohd. Bakhsh, A.Raj Kumar 2010, P. 35.

18. National Bridge Inventory. – Electronic data. – 2014. - <http://nationalbridges.com/>

УДК 624.042

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ, УСИЛИВАЕМЫХ ФИБРОАРМИРОВАННЫМИ ПЛАСТИКАМИ

FEATURES OF THE CALCULATION OF METAL STRUCTURES STRENGTHENING FIBREALLIANCE PLASTICS

Ключевые слова: усиление, композиты, фиброармированные пластики, металлические конструкции, расчет, проектирование, мониторинг

Keywords: strengthening, composites, fiber reinforced plastics, metal structures, analysis, design, monitoring

Аннотация

Рассматривается методика расчета металлических конструкций, усиливаемых фиброармированными пластиками с помощью метода предельных состояний. Приведены основные положения, которыми следует руководствоваться при проектировании различных схем усиления металлических конструкций. Приведены значения частных коэффициентов надежности для усиливаемой конструкции, материала усиления (фиброармированного пластика) и адгезива. Также приведены значения коэффициентов надежности для разных моделей деформирования металлических элементов конструкций, коэффициент условий работы и коэффициент, учитывающий длительные эффекты. Рассмотрена методика расчета усиливаемых пластиками металлических конструкций как в поврежденном (например, от коррозии), так и в неповрежденном состоянии. Также рассмотрена задача расчета усиления фиброармированными пластиками изгибаемых металлических элементов. При расчете рассмотрено пять возможных схем разрушения усиливаемой пластиком изгибаемой балки: разрушение от растяжения в усиливаемой балке; разрушение от растяжения фиброармированного пластика; местное выпучивание усиливаемой балки; расслоение фиброармированного пластика; разрушение от сдвига.

При анализе напряженно-деформированного состояния металлических балок, усиленных фиброармированным пластиком и подвергающихся изгибу, используются допущения: имеет место идеальное сцепление металлической балки и усиливающей системы из фиброармированного пластика; сечения, плоские до деформации, остаются плоскими после нее, но поворачива-

ются, оставаясь перпендикулярными к срединной линии; толщина усиливающей системы из фиброармированного пластика считается пренебрежимо малой по сравнению с высотой сечения; влияние жесткости адгезивного (клеявого) слоя на жесткость изгибаемого элемента пренебрежимо мало. Рассмотрены особенности выполнения усиления металлических конструкций композитами, требования к мониторингу в процессе эксплуатации.

Annotation

The methodology of calculation of metal structures strengthening fibrealliance plastics using the method of limit states are considered. The basic provisions that should guide the design of various schemes to strengthen steel structures are given. Given values of the partial safety factors for strengthening constructions, material of strengthening (fiber reinforced plastic) and adhesive. Also shows the values of reliability coefficients for different models of deformation of metallic structural elements, service factor and factor taking into account long-term effects. The method of calculating the strengthen metal structures using plastics, both in damage (under corrosion) and intact. Also the problem of the calculation of the bending metal elements strengthen fiber reinforced plastics are considered.

Failure modes occurring in beams are listed: tension failure of either the metallic beam (fracture or yielding depending upon the type of base material) or fiber reinforced plastics, compression failure of the metallic beam (yielding or local buckling), delamination ((i) at the interface between the composite reinforcement and the metallic beam, (ii) inside the composite reinforcement, (iii) inside the metallic beam); shear failure by local buckling at the beam supports; global buckling (either axial or lateral-torsional) of the metallic beam.

Analysis of the stress-strain state of a fiber reinforced plastics strengthened metallic beam and subject to bending moments is carried out on the basis of the following main assumptions: perfect bond (i.e. no slip) between the metallic beam and the fiber reinforced plastics strengthening system; plane sections remain plane after deformation; negligible thickness of the strengthening system with reference to the section depth; negligible contribution of the adhesive layer to the stiffness of the member. The features of the strengthening metal structures using plastics are considered and the requirements to monitoring during operation.

Овчинников Игорь Георгиевич

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, профессор, д-р техн.наук, профессор кафедры «Транспортное строительство», тел.89033280380; bridgesar@mail.ru

Овчинников Илья Игоревич

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина,

доцент, канд.техн.наук, докторант кафедры «Транспортное строительство», тел.89603443236; bridgeart@mail.ru

Чесноков Георгий Владимирович

«НИИ Графит», главный специалист проектного офиса «Строительный кластер», тел 89626190885; gchesnokov@niigrafit.org

Покулаев Константин Валерьевич

«Приволжская железная дорога-филиал ОАО «РЖД»», заместитель начальника службы пути по ИССО, sam_iskenderov@bk.ru

Татиев Даурен Амантаевич

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, магистрант кафедры «Транспортное строительство», тел. 89376395749; daur_t90@mail.ru

1 Введение

В статье [1] рассмотрен ряд нормативных документов и руководств по применению композитов для усиления строительных конструкций. Показано, что в подавляющем большинстве они относятся к усилению бетонных и железобетонных конструкций. Разработок, относящихся к усилению металлических и деревянных конструкций фиброармированными пластиками (ФАП), весьма мало. Причем качественные отечественные исследования, посвященные проблеме усиления металлических строительных конструкций композитными материалами, практически отсутствуют, и потому при разработке проблемы усиления металлических конструкций композитными материалами приходится опираться на зарубежный опыт и теоретические и экспериментальные исследования. Поэтому ниже рассмотрим основы методики проектирования и расчетного анализа усиления металлических строительных конструкций с использованием фиброармированных пластиков.

Основные положения, которыми следует руководствоваться при проектировании различных схем усиления металлических конструкций [2; 3; 4; 5]:

1) основные цели усиления металлических конструкций фиброармированными полимерами (ФАП): увеличение или восстановление прочности на растяжение; увеличение или восстановление изгибной прочности; увеличение усталостной прочности.

Недавно проведенные исследования также свидетельствуют о возможности увеличения или восстановления несущей способности тонкостенных элементов, работающих на сжатие. Однако количество таких исследований недостаточно для того, чтобы разработать достаточно надежную процедуру проектирования.

2) усиление металлических элементов производится с помощью ламинатов, полученных пултрузией, или пропитанных холстов, приклеиваемых к наружной поверхности конструктивных элементов.

3) правильно запроектированное усиление должно обеспечивать появление только растягивающих напряжений в элементах усиления. При этом усиливающие элементы будут полностью включены в работу в дополнение к растянутому усиливаемому элементу. Применение композитного усиления в сжатых зонах не рекомендуется в связи с отсутствием адекватных расчетных схем для анализа возможного эффекта отслоения под действием сжимающих напряжений.

4) состояние металлических конструкций, усиленных композитами и подвергающихся действию циклических напряжений, включая термические циклы, может с течением времени ухудшаться. Для уменьшения возможности такого разрушения в зоне упрочнения могут устанавливаться дополнительные связи.

5) усиление композитами может применяться для конструктивных элементов с соответствующими характеристиками. Если усиливаемый элемент (подложка) подвергся коррозии, то оксиды (ржавчина) должны быть полностью удалены, а поверхность усиливаемого элемента очищена.

6) элементы усиления должны быть подобраны с учетом условий эксплуатации (температура, влажность, ультрафиолетовое облучение, и т.д.), которым они будут подвергаться. При этом следует избегать возможности появления гальванических токов.

7) в случае усиления композитами элементов, чувствительных к усталости, а также при использовании технологии предварительного напряжения следует учитывать возможность появления ползучести адгезива (клеящего состава). В определенных случаях может использоваться комбинированное металло-композитное соединение.

8) усиление композитами эксплуатируемых металлических конструкций можно производить только тогда, когда усиливаемая конструкция находится в предельном состоянии при расчетном сочетании нагрузок с учетом коэффициентов надежности для особых случаев нагружения.

9) при проектировании усиления необходимо учитывать возможное случайное повреждение или разрушение композитной арматуры в процессе выполнения работ по усилению, а также возможное повреждение защиты.

10) При усилении конструктивных элементов сооружений, имеющих историческую ценность, следует учитывать необходимость такого усиления и полную совместимость усиления с усиливаемой конструкцией. Требования восьмого положения в этом случае не применимы.

2 О применении расчета по предельным состояниям или метода частных коэффициентов надежности

Согласно ГОСТ 27751 «Надежность строительных конструкций и оснований» строительные конструкции и основания следует рассчитывать по методу предельных состояний, основные положения которого должны быть направлены на обес-

печение безотказной работы конструкций и оснований с учетом изменчивости свойств материалов, грунтов, нагрузок и воздействий, геометрических характеристик конструкций, условий их работы, а также степени ответственности (и народнохозяйственной значимости) проектируемых объектов, определяемой материальным и социальным ущербом при нарушении их работоспособности.

Сейчас метод предельных состояний утвержден и в ИСО и Еврокодах, при этом используется более корректное название – метод частных коэффициентов надежности, что сразу объясняет его структуру.

Ниже рассмотрим применение этого метода, как наиболее простого и требующего значительно меньше экспериментальной информации для проведения расчетов металлических конструкций, усиливаемых композитами по сравнению с расчетом по деформационной модели. Хотя определенные некорректности при использовании методики расчета по предельным состояниям, особенно применительно к железобетонным конструкциям, имеются [6; 7; 8; 9].

2.1. Частный коэффициент надежности для материала усиливаемой металлической конструкции (подложки) (γ_s)

В общем случае частный коэффициент надежности для пластичного металла (сталь, «старое» железо) отличается от частного коэффициента надежности для хрупкого металла (чугун). В случае хрупких металлов с учетом последствий разрушения должны быть приняты более высокие значения частных коэффициентов надежности.

При расчете металлических конструкций их хрупких металлов обычно применяется метод расчета по «допускаемым напряжениям» (то есть рассматривается упругая стадия работы).

2.2. Частные коэффициенты надежности для фиброармированного пластика, используемого для усиления (γ_f)

Частные коэффициенты надежности для ФАП зависят как от метода установки усиления, так и от качества выполнения работ по усилению.

В табл. 1 приведены значения частных коэффициентов для предельного состояния.

Таблица 1

Частные коэффициенты надежности γ_f для предельного состояния

Случай А	Случай В
1,10	1,25

Случай А – усиливаемая система с сертификацией каждого компонента и всей усиливаемой системы. Случай В – усиливаемые системы с сертификацией только каждого компонента. Для предельных состояний по непригодности к эксплуатации величина частного коэффициента надежности γ_f равна 1.

2.3. Частный коэффициент для адгезива (зоны сцепления) (γ_a)

Частный коэффициент надежности для адгезива, используемого для сцепления композита с подложкой (усиливающего элемента с усиливаемым), зависит от метода усиления и качества выполнения работ. При определении величины частного коэффициента надежности особое внимание следует уделять оценке толщины слоя адгезива. Для случая А толщина адгезива должна контролироваться. Для метода предельных состояний в табл. 2 приведены значения частного коэффициента надежности γ_a для случаев А и В.

Таблица 2

Частные коэффициенты γ_a для предельного состояния

Случай А	Случай В
1,20	1,50

2.4. Частные коэффициенты надежности для различных схем (моделей) деформирования (γ_{Rd})

Для предельного состояния значения частных коэффициентов надежности γ_{Rd} приведены в табл. 3.

Таблица 3

Частные коэффициенты надежности γ_{Rd}

Схемы деформирования	γ_{Rd}
Изгиб или комбинация изгиба с осевым нагружением	1,00
Сдвиг/кручение	1,00
Расслаивание	1,20
Усталость	1,20

2.5. Учет условий эксплуатации и длительных эффектов

Этот учет выполняется с помощью коэффициента приведения $\eta = \eta_a \cdot \eta_1$.

Коэффициент условий работы η_a учитывает влияние окружающей среды.

Механические свойства (например, прочность на растяжение, предельная деформация и модуль Юнга) фиброармированных пластиков ухудшаются под влиянием таких условий эксплуатации, как щелочная среда, влага (вода и солевые растворы), экстремальные температуры, колебания температуры (термальные циклы), циклы замораживания и оттаивания, влияние ультрафиолетового излучения (УФ).

Влияние щелочной среды. Повреждение такого компонента ФАП, как смола, под влиянием щелочной среды, как правило, более опасно, чем повреждение, вызванное действием влаги. Процесс отверждения смолы должен завершиться до начала воздействия щелочной среды.

Влияние влаги. Основные эффекты, вызыва-

емые абсорбцией влаги смолами, сводятся к следующему: пластификация, снижение температуры стеклования, изменение прочности и жесткости (последнее менее значительно). Абсорбция влаги зависит от типа смолы, состава и качества слоистого ФАП (ламината), толщины, условий отверждения смолы, условий взаимодействия волокон со смолой и условий эксплуатации. Для морской среды, где осмотические эффекты могут вызывать появление воздушных пузырьков в смоле, рекомендуется использовать защитные покрытия.

Влияние экстремальных температур и термических циклов. Основным эффектом воздействия температуры является вязкость и смолы, и композита. По мере повышения температуры модуль Юнга и жесткость смолы понижаются. Если температура превышает температуру стеклования, то эксплуатационные свойства ФАП значительно снижаются. В общем случае тепловые циклы не оказывают вредного воздействия на композиты, однако они могут вызвать появление микротрещин в материалах, в которых используются смолы с высоким модулем упругости. Для значений температур, характерных для промышленных и гражданских инженерных конструкций, нежелательных эффектов можно избежать подбором ФАП, в которых температура стеклования всегда выше, чем максимальная рабочая температура конструкции или усиливаемого элемента.

Влияние циклов замораживания и оттаивания. В общем случае воздействие замораживания и оттаивания не оказывают влияния на эксплуатационные свойства ФАП, несмотря на то, что эксплуатационные свойства смолы снижаются, а также ухудшается сцепление волокон со смолой. При температурах ниже 0°C, эксплуатационные свойства полимерных систем на основе смолы могут улучшиться из-за повышения прочности и жесткости. Эффекты деградации, вызванные попеременным замораживанием и оттаиванием, могут увеличиться при наличии влаги.

Воздействие ультрафиолетового излучения. Ультрафиолетовое излучение редко ухудшает механические эксплуатационные характеристики ФАП, хотя оно может привести к некоторому охрупчиванию и эрозии поверхности некоторых смол. В общем случае наиболее вредное воздействие, связанное с УФ-облучением сводится к прониканию влаги и других агрессивных веществ через поврежденную поверхность. Для защиты ФАП от таких повреждений в смолу добавляют специальные наполнители или используют соответствующие покрытия.

В табл. 4 приведены значения коэффициента условий работы η_a в зависимости от типа связи волокно/смола и условий работы. Эти значения являются консервативной оценкой, зависящей от долговечности различных типов волокон. Величины, представленные в таблице, могут быть уве-

личены на 10%, если используются защитные покрытия (однако условие $\eta_a < 1$ всегда должно выполняться). Такие покрытия должны быть сохранены на усиливаемой конструкции в течение всего срока службы, они должны быть экспериментально проверены и обеспечивать эффективную защиту композита от воздействия окружающей среды.

Таблица 4

Коэффициент условий работы η_a для различных условий и видов композита

Условия эксплуатации	Тип системы волокно/смола	η_a
Внутри помещений	Стекло/эпоксидная смола	0,75
	Арамид/эпоксидная смола	0,85
	Углерод/эпоксидная смола	0,95
Снаружи	Стекло/эпоксидная смола	0,65
	Арамид/эпоксидная смола	0,75
	Углерод/эпоксидная смола	0,85
В агрессивной среде	Стекло/эпоксидная смола	0,50
	Арамид/эпоксидная смола	0,70
	Углерод/эпоксидная смола	0,85

Коэффициент, учитывающий длительные эффекты (η_1)

Механические свойства (такие, как прочность на растяжение, предельная деформация, модуль упругости) ФАП снижаются под влиянием ползучести, релаксации, усталости.

Влияние ползучести и релаксации. Для фиброармированных пластиков (ФАП), используемых для усиления конструкций, эффекты ползучести и релаксации зависят и от смол, и от волокон. Как правило, термореактивные смолы (ненасыщенные полиэферы, виниловые эфиры, эпоксидные и фенольные смолы) обладают меньшей вязкостью, чем термопластичные смолы (полипропилены, нейлоны, поликарбонаты и т.д.). Поскольку наличие волокон снижает ползучесть смол, то такие эффекты обычно более выражены, когда нагрузка прикладывается поперек волокон или когда содержание волокон в ФАП низкое. Ползучесть может быть уменьшена путем создания низких уровней рабочих напряжений. ФАП на основе углепластика, арамида и стекла являются материалами наименее, умеренно и наиболее склонными к разрушению вследствие ползучести.

Влияние усталости. Сопротивление ФАП усталости также должно быть учтено в расчетах. Эта сопротивляемость зависит от состава матрицы и в определенной мере от типа волокна. В ФАП, армированных в одном направлении, волокна, как правило, имеют ряд дефектов; поэтому они могут эффективно задерживать образование трещин. Распространение трещины также предотвращается взаимодействием с соседними волокнами.

Для того, чтобы предотвратить разрушение конструктивных элементов, усиленных ФАП и постоянно находящихся в напряженном состоянии или под действием циклической нагрузки, в рас-

четах используется коэффициент η_1 , учитывающий длительные эффекты, значения которого приведены в табл. 5.

Таблица 5

Коэффициент η_1 , учитывающий длительные эффекты для различных типов ФАП

Характер нагружения	Тип системы волокно/смола	η_1
Непрерывный (ползучесть и релаксация)	Стекло/эпоксидная смола	0,30
	Арамид/эпоксидная смола	0,50
	Углерод/эпоксидная смола	0,80
Циклический (усталость)	все	0,5

2.6. Действие ударной и взрывной нагрузок

Поведение ФАП под действием ударной нагрузки или взрывного нагружения еще до конца не изучено и непонятно. Имеется предварительная информация о том, что арамидные композиты более устойчивы к воздействию ударной нагрузки и/или стеклопластики более устойчивы, чем углепластики.

2.7. Противодействие актам вандализма

ФАП особенно чувствительны к порезам, разрезам, царапинам, нанесенным режущим инструментом. Для защиты конструкций, усиленных ФАП и предназначенных для эксплуатации в общественных местах, где могут проявляться акты вандализма, должны использоваться специальные системы. Безопасность конструктивных элементов должна быть проверена и для случая возможного повреждения усиливающего элемента. Расчет должен проводиться на различные сочетания временных нагрузок с использованием частных коэффициентов надежности для возможных предельных состояний.

2.8. Работа усиливающего элемента в случае пожара

Фиброармированные пластики (ФАП) особенно чувствительны к высоким температурам, которые могут быть во время пожара. Когда температура в помещении превышает температуру стеклования смолы (или температуру плавления в случае частично кристаллических материалов), прочность и жесткость ФАП, использованных для усиления, уменьшается.

В случае, когда ФАП применяются в качестве внешнего армирования стальных элементов, воздействие высокой температуры приводит к быстрому нарушению связи усиливающей и усиливаемой систем. В результате может произойти снижение эффективности усиления и нарушение сцепления ФАП с усиливаемой конструкцией.

Во время воздействия огня механические свойства усиленных ФАП элементов могут быть улучшены путем увеличения толщины защитных по-

крытий. Следует использовать покрытия, способные предотвратить распространение пламени, а также выделение дыма. При этом рекомендуется использовать защитные системы покрытий, подтвержденные официальными сертификатами. Технические условия и особенности применения защитных систем покрытий приведены в соответствующих нормативных документах.

3. Усиление растянутых элементов

Рассмотрим задачу усиления растянутых стальных элементов конструкций фиброармированными пластиками. Такое усиление может использоваться для восстановления несущей способности элементов, частично пораженных коррозией (рис. 1), а также для увеличения разрушающей нагрузки неповрежденных элементов (рис. 2).

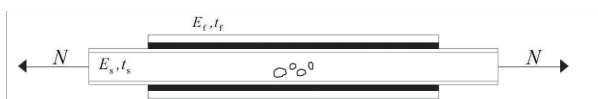


Рис. 1. Растягиваемый стальной частично прокорродировавший элемент с симметричным внешним армированием

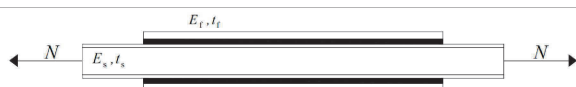


Рис. 2. Неповрежденный растягиваемый элемент с симметричным внешним армированием

В дальнейшем рассматриваем усиление симметричным внешним армированием, так как в этом случае не возникают дополнительные изгибающие моменты. Разрушение растянутых элементов, усиленных ФАП, возможно по следующим схемам:

- разрушение металлической подложки (металлического усиливаемого элемента);
- разрушение внешней фиброармированной арматуры (усиливающих элементов);
- разрушение путем расслаивания ФАП.

Оценка несущей способности усиленного сечения производится на основе следующих гипотез:

- поперечное сечение усиленного элемента, плоское до деформации, остается плоским после деформации;
- обеспечивается идеальное сцепление усиливаемого элемента с арматурой усиления;
- считается, что материал усиливаемого элемента и материал усиления деформируются упруго (материал усиливаемого элемента считается изотропным, а материал усиления – композит, считается ортотропным).

3.1. Восстановление несущей способности поврежденных элементов

С консервативной точки зрения, восстановление несущей способности поврежденных элементов, не подвергающихся усталостным воздействиям, выполняется в предположении, что напряжения через поврежденный участок передаются с помощью усиливающих элементов.

Усиление рассчитывается по формуле:

$$2 \cdot A_f \cdot \frac{f_{fk}}{\gamma_f} \cdot \eta \geq A_s \cdot f_{sk, sup}, \quad (1)$$

где A_f – площадь поперечного сечения усиливающего элемента из ФАП;

f_{fk} – нижнее значение прочности ФАП на растяжение;

γ_f – частный коэффициент надежности армирующего материала (ФАП);

η – коэффициент приведения;

A_s – площадь поперечного сечения усиливаемого металлического элемента;

$f_{sk, sup}$ – верхнее значение предела текучести (f_y) для пластичного материала или предела прочности (f_u) для хрупкого материала.

Заметим, что в (1) частный коэффициент надежности модели γ_{Rd} отсутствует, так как предполагается, что он равен 1. Если более точная информация отсутствует, то верхнее значение предела текучести или предела прочности может быть получено путем умножения номинального значения на 1,35.

3.2. Усиление неповрежденных элементов

Нормальное напряжение σ_s в металлическом усиливаемом элементе с учетом различия в коэффициентах температурного расширения материалов усиливаемого и усиливающего элементов определяется по формуле:

$$\sigma_s = \frac{[N_{sd} + 2 \cdot E_f \cdot A_f \cdot (\alpha_f - \alpha_s) \cdot \Delta T] \cdot E_s}{2 \cdot E_f \cdot A_f + E_s \cdot A_s}. \quad (2)$$

Нормальное напряжение σ_f в усиливающей арматуре будет:

$$\sigma_f = \frac{[N_{sd} + E_s \cdot A_s \cdot (\alpha_s - \alpha_f) \cdot \Delta T] \cdot E_f}{2 \cdot E_f \cdot A_f + E_s \cdot A_s}, \quad (3)$$

где: N_{sd} – расчетная нагрузка;

E_f и A_f – модуль упругости и площадь поперечного сечения усиливающего элемента;

α_f – коэффициент температурного расширения материала усиления (композита);

α_s – коэффициент температурного расширения материала усиливаемого элемента;

ΔT – изменение температуры после усиления конструкции;

E_s и A_s – модуль упругости и площадь поперечного сечения усиливаемого металлического элемента.

Для усиливаемого элемента требуется выполнение условий:

$$\sigma_s \leq \frac{f_{sk}}{\gamma_s \gamma_{Rd}} \cdot \eta, \quad (4)$$

$$\sigma_f \leq \frac{f_{fk}}{\gamma_f \gamma_{Rd}} \cdot \eta,$$

где величины f_{fk} , f_{sk} , γ_s , γ_{Rd} , η определены ранее.

4. Усиление изгибаемых элементов

В изгибаемых элементах (балках) могут иметь место следующие схемы разрушения:

- разрушение от растягивающих усилий либо металлической балки (разрушение или достижение предела текучести в зависимости от типа материала), либо ФАП (рис. 3 а и рис. 3 б);
- разрушение от сжатия металлической балки (наступление текучести или местное выпучивание) (рис. 3(с));
- отслоение ФАП от металлической балки, расслоение внутри ФАП, или расслоение внутри металлической балки;
- разрушение от сдвига путем местного выпучивания в опорных зонах балки;
- общая потеря устойчивости балки (либо вдоль оси, либо поперек с закручиванием).

В любом случае учитываться должна работа ФАП только в растянутой зоне.

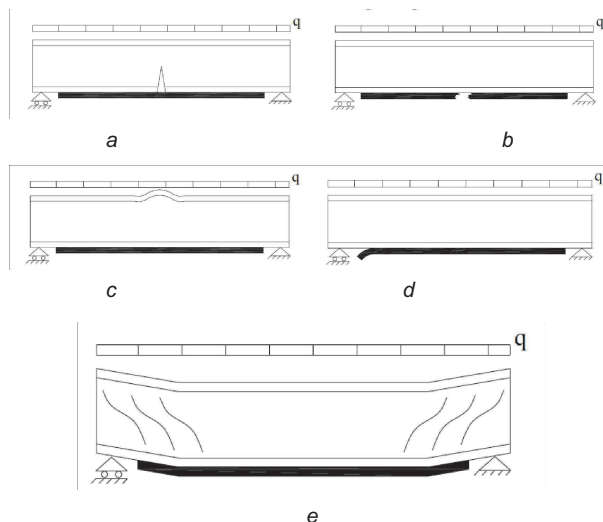


Рис. 3. Схемы разрушения изгибаемой металлической балки, усиленной ФАП: а) разрушение от растяжения в усиливаемой балке; б) разрушение от растяжения ФАП; в) местное выпучивание усиливаемой балки; д) отслоение ФАП; е) разрушение от сдвига

Рассмотрим возможные виды разрушений, а также расчет при разрушении от растяжения, сжатия или отслаивания.

1) разрушение при растяжении или металлической балки, или фиброармированного пластика (ФАП).

Некоторые металлические конструктивные элементы, изготавливаются из чугуна, который является материалом, хрупко разрушающимся при растяжении. В таком случае расчет обычно выполняется на меньшие нормальные напряжения, вызываемые действием постоянных и временных нагрузок с целью повышения сопротивления разрушению на растянутой стороне металлического элемента.

В этом заключается основное отличие от случая упрочнения железобетонных балок, где обычно допускается появление трещин на растягиваемой стороне.

Для случая чугунных балок использование

предварительного напряжения ФАП может оказаться полезным, если даже не обязательным решением, так как в этом случае уменьшаются растягивающие напряжения в усиливаемом элементе (подложке) без предварительного уменьшения напряжений, вызываемых действием временной нагрузки.

В случае металлических балок из материала, обладающего пластичностью (кованое железо, сталь), усиление ФАП приводит к уменьшению напряжений в металлической балке от действия эксплуатационных нагрузок (повышает сопротивление усталости), а также увеличивает несущую способность балки, усиленной ФАП, по сравнению с неусиленной (неармированной) балкой, следствие развития деформационного упрочнения металлической балки благодаря высокой прочности на растяжение ФАП. Фактически, если разрушение ФАП от растягивающих напряжений является хрупким, развитие неупругих деформаций в металлической балке приводит к пластическому деформированию системы усиления до тех пор, пока не произойдет отслоение усиливающего элемента из ФАП.

2) разрушение от сжатия металлической балки.

Разрушение от сжатия металлической балки может происходить по-разному, в зависимости от материала и формы поперечного сечения. Некоторые металлы, такие как чугун, характеризуются сильной нелинейностью при растяжении со значительным снижением жесткости при деформировании. В то же время кованое железо и сталь являются чисто пластичными. Если вид зависимости напряжение – деформация известен, то характер разрушения будет определяться формой поперечного сечения.

В самом деле в зависимости от местной гибкости и соотношения между модулем Юнга и пределом упругости местная потеря устойчивости может произойти или до, или после некоторого неупругого деформирования. Для случая стальных балок в существующих нормативных документах приводятся методики определения характера разрушения при сжатии.

Для литого и кованого железа для установления формы разрушения при сжатии требуются дополнительные исследования. Однако приближенная оценка напряжений, при которых происходит выпучивание, может быть выполнена с использованием классической формулы для металлических балок, с использованием инерционных характеристик однородной балки, эквивалентных характеристикам усиленной балки.

3) расслаивание.

При анализе составного сечения, состоящего из металлической балки и фиброармированного пластика (ФАП), принимается, что между балкой и ФАП имеет место идеальная связь. Понятно, что в реальности все не так, и сцепление ФАП с металлической балкой осуществляется через достаточно тонкий, но конечной толщины деформи-

руемый слой адгезива. На границе между металлической балкой и ФАП в местах, где нарушается непрерывность связи, возникает сильная концентрация напряжений и деформаций. Такая концентрация имеет место там, где заканчивается слой ФАП, или же там, где возникают трещины в металлической балке. Такая концентрация напряжений провоцирует начало разрушения путем отслаивания, что будет более детально рассмотрено далее.

4) разрушение от сдвига.

Так как усиление изгибаемого элемента предполагает увеличение действующих вертикальных нагрузок, необходимо проверить балку на действие напряжений сдвига и возможность местной потери устойчивости в зоне опирания.

5) общая потеря устойчивости балки.

Составная металло-фиброармированная балка имеет лучшие по сравнению с чисто металлической балкой инерционные характеристики. Это позволяет улучшить сопротивляемость усиленной балки общей потери устойчивости.

Расчет металлической балки упрочненной ФАП должен учитывать эффекты усталости. Усталость может наступить не только в металлической балке, но и в усиливающей конструкции из ФАП, и даже в слое адгезива.

5. Основы проектирования

Анализ напряженно-деформированного состояния в поперечном сечении металлической балки, усиленной ФАП, должен выполняться с учетом начального напряженно-деформированного состояния перед усилением. Если конструкция деформируется упруго, то напряжения и деформации в металлической балке находятся суперпозицией напряжений и деформаций, вызываемых нагрузками, действующими до усиления, и возникающих в усиленной ФАП металлической балке от действия нагрузок, приложенных после усиления.

Для проверки предельного состояния начальные напряжения должны суммироваться с напряжениями, возникающими в усиленной ФАП металлической балке после усиления ее с помощью ФАП. В предельном состоянии начальные деформации могут суммироваться с теми, которые возникают в усиленной ФАП металлической балке после наложения усиливающей системы из ФАП.

В случае усиления существующих балочных конструкций, имеющих коррозионные повреждения или повреждения другой природы, геометрические размеры, используемые в расчетах, должны быть определены путем измерения на месте.

Анализ напряженно-деформированного состояния металлических балок, усиленных ФАП и подвергающихся изгибу, проводится с использованием следующих основных допущений:

- имеет место идеальное сцепление (без проскальзывания) металлической балки и усиливающей системы из ФАП;
- сечения, плоские до деформации, остаются

плоскими после деформации, но поворачиваются, оставаясь перпендикулярными к срединной линии;

- толщина усиливающей системы из ФАП считается пренебрежимо малой по сравнению с высотой сечения;

- влияние жесткости адгезивного (клея) слоя на жесткость изгибаемого элемента пренебрежимо мало.

Первые два допущения давно известны, и их смысл понятен. Третье допущение позволяет считать, что толщина слоя ФАП может не учитываться, и усиливающая система находится на том же уровне, что и поверхность металлической балки, к которой слой ФАП приклеен. Последнее допущение оправдывается весьма малой величиной модуля упругости адгезива (клея, смолы) по отношению к модулю упругости металла (около 1/100) и малой толщиной адгезионного слоя.

6. Выполнение усиления, мониторинг и эксплуатация

Усиленные фиброармированными пластиками металлические конструкции нуждаются в регулярном контроле и мониторинге как во время, так и после установки системы усиления, в процессе эксплуатации. В случае конструкций, усиленных с использованием ФАП, такой мониторинг особенно важен, так как надежная информация о долговременном поведении конструкций, усиленных композитными материалами, практически отсутствует.

Правильное выполнение работ по усилению конструкций с использованием ФАП зависит от нескольких факторов, среди которых:

- хранение материалов;
- подготовка подложки (поверхности усиливаемого элемента);
- подготовка усиливающих материалов;
- внешние условия (температура, влажность);
- организация работы на месте производства работ (чистота, техника безопасности, меры против наступления несчастных случаев).

Материалы для усиления (фибры, смола, композиты) должны храниться в условиях, требуемых их поставщиками.

Подготовка усиливающих (армирующих) систем должна производиться в строгом соответствии с требованиями поставщика. Например, смола для адгезива часто получается смешиванием двух компонентов, количественное соотношение должно быть в точности таким, как это записано в требованиях поставщика.

Качество сцепления металлических элементов с ФАП может определяться температурно-влажностными условиями. В частности, температура и конструкции, и окружающей среды влияет на время, требуемое для достижения заданного уровня прочности адгезионного соединения. Поставщики предоставляют информацию о температурных интервалах, обеспечивающих протекание химических реакций, необходимых для достиже-

ния требуемой прочности адгезионного соединения, и эти условия должны соблюдаться. Повышенная влажность может неблагоприятно повлиять на конечную прочность адгезионного соединения и его долговечность. Поэтому адгезионный слой должен быть хорошо защищен от попадания в него воды в течение всего времени, необходимого для набора прочности.

Правильная организация работ на рабочем месте также важна для обеспечения хорошего качества системы усиления. В частности, большое внимание должно быть уделено очистке поверхности усиливаемых элементов (подложки), чтобы исключить попадания частиц, которые могут отрицательно повлиять на качество сцепления усиливающего и усиливаемого элементов.

Подготовка поверхности подложки (усиливаемого элемента)

Качественная подготовка поверхности является фундаментальным требованием для обеспечения хорошего сцепления усиливающего композита (ФАП) и металлического усиливаемого элемента (подложки). Подготовка включает обработку поверхности подложки, состоящую из следующих шагов:

- удаление имеющегося покрытия (то есть старой краски), шлака и других продуктов коррозии. Эта операция может быть выполнена с использованием проволочных щеток или терок для механического удаления шлака и окалины. Особая осторожность нужна при очистке хрупких элементов (чугуна), следует избегать использования перфораторов и других подобных инструментов;

- обезжиривание растворителем. Для этого используются специально подобранные подходящие растворители, которые позволят удалить жир и избежать распространения загрязнения по склеиваемой поверхности;

- абразивная очистка. Для этого должна применяться сухая или влажная пескоструйная очистка, чтобы поверхность усиливаемого элемента была химически активна перед склеиванием. Весь мусор после очистки должен быть удален с помощью только воды;

- сушка поверхности. Если поверхность влажная после абразивной очистки и смыва мусора, она должна быть просушена немедленно, чтобы исключить быстрое образование оксидных слоев на очищенной поверхности;

- химическое травление. В случае формирования оксидных слоев на оцинкованной или ржавеющей стали требуется кислотное травление с последующей нейтрализацией продуктов травления. Эта операция не требуется в случае стали и чугуна;

- нанесение праймера (грунтовки). Первый слой адгезионной смолы должен быть нанесен так быстро, как только возможно, сразу же после очистки поверхности подложки, не позднее двух часов после очистки. В некоторых случаях применение праймера требуется для того, чтобы обес-

печить совместимость существующей металлической поверхности с наносимым впоследствии композитным материалом (ФАП);

- заполнение неровностей. Небольшие неровности на поверхности металла могут быть заполнены с использованием праймера и последующего слоя смолы. Значительные неровности, как в случае сильно проржавевших участков или сильно искривленных металлических элементов, могут быть заполнены с использованием специального слоя смолы.

7. Контроль качества в процессе усиления

Контроль качества в процессе усиления с помощью ФАП может включать частично разрушающие или неразрушающие испытания.

Если используется предварительно отвержденный ФАП, то необходимые испытания композитных материалов должны быть произведены поставщиком. В случае если отверждение ФАП происходит на рабочем месте, то требуются лабораторные испытания. В обоих случаях должны быть подготовлены образцы для оценки прочности против расслаивания.

Для проведения частично разрушающих испытаний должны быть подготовлены дополнительные специальные испытательные зоны (свидетели), усиленные с помощью ФАП. Общая площадь образцов-свидетелей должна быть не менее 0,5% от фактической площади усиления и в любом случае не менее 0,1 м². Зоны, являющиеся образцами свидетелями, разделяются на прямоугольные области размером 500 мм x 200 мм. Система усиления ФАП в этих специальных испытательных зонах должна быть такой же и из тех же материалов, что и фактически работающих зонах усиления. Кроме того, зоны-«свидетели» должны подвергаться таким же воздействиям окружающей среды, что и фактически работающие системы усиления. Если требуется более, чем одна прямоугольная специальная «испытательная» зона, то эти зоны должны быть равномерно распределены по усиливаемой конструкции. В любом случае, зоны-«свидетели» должны быть выбраны таким образом, что последующее проведение полуразрушающих испытаний не повлияло на поведение усиливаемого элемента.

Частично разрушающие испытания

Частично разрушающие испытания проводятся на образцах-свидетелях, расположенных, по возможности, в некритических зонах усиления, в количестве одного испытания на каждые 5 м² усиленной площади и в любом случае не менее двух испытаний для каждого типа испытаний.

Испытания на растяжение предназначено для оценки правильности подготовки поверхности подложки и для проверки совместимости выбранной адгезионной смолы с металлической подложкой. Испытание проводится с использованием круглой стальной пластины толщиной 20 мм и диаметром не менее 40 мм. Фиброармированный пластик разрезается с помощью колонкового бура, враща-

ющего со скоростью не менее 2500 оборотов в минуту и особой осторожностью, чтобы избежать нагрева системы усиления из ФАП.

Испытание на сдвиг используется для проверки качества сцепления между ФАП и подложкой. Оно может быть осуществлено только тогда, когда можно извлечь часть ФАП, расположенную близко к краю подложки.

Испытание на кручение проводится с помощью специального устройства, которое может создавать крутящий момент.

Неразрушающие испытания

Существуют различные типы неразрушающих испытаний с целью идентификации различных типов дефектов и повреждений. В частности, неразрушающие испытания используются для идентификации присутствия пустот в адгезионном слое. Однако, к сожалению, нет неразрушающих испытаний, которые позволили бы определить ослабление сцепления ФАП с подложкой из-за наличия коррозионного поражения или жировых пятен на металлической поверхности. Неразрушающие испытания могут использоваться для оценки однородности прилегания ФАП к двухмерной усиливаемой поверхности с различным пространственным разрешением в зависимости от площади усиления

Композиционные материалы не требуют специальных мер по содержанию. Если слой смолы на поверхности теряется вследствие износа или ухудшения состояния окружающей среды, то его можно заменить с использованием совместимого материала. Существующие металлические конструкции должны подвергаться обычной инспекции и содержанию. В частности, рекомендуется возобновлять краску до потери ею защитных свойств, чтобы избежать в дальнейшем пескоструйной обработки конструкции, что может потребовать соответствующей защиты усиливающих элементов из фиброармированного пластика.

Выводы

1. Качественные отечественные исследования, посвященные проблеме усиления металлических строительных конструкций композитными материалами, практически отсутствуют, и потому при разработке проблемы усиления металлических конструкций композитными материалами приходится опираться на зарубежный опыт и теоретические и экспериментальные исследования.

2. Основными целями усиления металлических конструкций фиброармированными полимерами являются увеличение или восстановление прочности на растяжение; увеличение или восстановление изгибной прочности; увеличение усталостной прочности.

3. Отмечается, что применение методики расчета по предельным состояниям в случае усиления металлических конструкций композитными материалами более обоснованно, чем при расчете усиливаемых железобетонных конструкций.

Список литературы

1. Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Чесноков Г.В. и др. О разработке нормативных документов по усилению металлических строительных конструкций композитными материалами // *Материалы Международной научно-практической конференции «Инновации и исследования в транспортном комплексе»*. – Курган, 2014.
2. CNR-DT 203/2006 «Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars». ROME – CNR, 2007. 39 p.
3. CNR-DT 202/2005 «Guidelines for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures». *Metallic structures. Preliminary study*. ROME – CNR, 2007. 57 p.
4. CNR-DT 200/2004 «Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures». *Materials, RC and PC structures, masonry structures*. ROME – CNR, 2004. 154 p.
5. CNR-DT 201/2005 «Guidelines for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Existing Structures». *Timber structures. Preliminary study*. ROME – CNR, 2007. 58 p.
6. Овчинников И.Г., Межнякова А.В. Проблемы, возникающие при расчете железобетонных конструкций транспортных сооружений по методу предельных состояний // *Мир дорог*. Июль 2008. – №35. – С. 45-46.
7. Овчинников И.Г., Валиев Ш.Н., Овчинников И.И. и др. Анализ проблем усиления железобетонных конструкций композитными материалами // *Развитие транспорта в регионах России: проблемы и перспективы: Материалы II Всероссийской конференции с международным участием*. – Киров, 2012. – С. 49-52.
8. Овчинников И.Г., Валиев Ш.Н., Овчинников И.И. и др. Вопросы усиления железобетонных конструкций композитами: 1. Экспериментальные исследования особенностей усиления композитами изгибаемых железобетонных конструкций // *Наукоедение*. – 2012. – № 4. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/13tvn412.pdf>.
9. Овчинников И.Г., Валиев Ш.Н., Овчинников И.И. и др. Вопросы усиления железобетонных конструкций композитами: 2. Натурные исследования усиления железобетонных конструкций композитами, возникающие проблемы и пути их решения // *Наукоедение*. – 2012. – № 4. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/14tvn412.pdf>.
10. Hollaway L.C., Cadei J. Progress in the technique of upgrading metallic structures with advanced polymer composites. *Prog. Struct. Engng. Mater.*, 2002, №4, pp.131-148.
11. Deng J., Lee M.M.K., Moy S.S.J. Stress analysis of steel beams reinforced with a bonded CFRP plate. *Composite Structures*, 2004, Vol. 65, pp. 205-215.
12. Al-Saidy, A.H., Klaiber, F.W. and Wipf, T.J. "Repair of Steel Composite Beams with Carbon Fiber-Reinforced Polymer Plates," *ASCE Journal of Composites for Construction*, 2004, № 8, pp. 163-172.
13. Colombi P, Fanesi E, Fava G, Poggi C. Steel elements strengthened by FRP materials: durability under mechanical and environmental loads. In Di Tommaso A, editor. *Mechanics of masonry structures strengthened with FRP – materials modelling, testing, design, control*, Padova (I): Libreria Cortina; 2004, p. 387-398.
14. Lenwari, A., Thepchatri, T., Albrecht, P. Flexural Response of Steel Beams Strengthened with Partial-Length CFRP Plates. *ASCE J. Comp. Constr.* 2005, 9(4), 296-303.
15. Accord, N.B. and Earls, C.J. Use of Fiber Reinforced Polymer Composite Elements to Enhance Structural Steel Member Ductility, *ASCE J. Comp. Constr.* 2006/10(4), 337-344.

О РАЗРАБОТКЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО УСИЛЕНИЮ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

THE DEVELOPMENT OF REGULATORY DOCUMENTS FOR STRENGTHENING OF METALLIC BUILDING STRUCTURES WITH COMPOSITE MATERIALS

Ключевые слова: усиление, композиты, фиброармированные пластики, углеволокно, металлические конструкции, нормативные документы, железобетон, арматура

Keywords: strengthening, composites, fiber reinforced plastics, carbon fiber, metal structures, regulatory documents, concrete, rebar

Аннотация

Работа посвящена анализу состояния проблемы применения композитных материалов для усиления строительных конструкций. Показано, что в основном экспериментальные и теоретические разработки посвящены проблеме усиления железобетонных конструкций. Имеется ряд руководств, рекомендаций, стандартов организаций и сводов правил по применению композитов для усиления железобетонных конструкций. В подавляющем большинстве они опираются на иностранные нормативные документы и иностранные экспериментальные и теоретические исследования. Для расчета в них предлагается использовать методику предельных состояний, причем сколько-нибудь разумного обоснования применимости этой методики не приводится. В предлагаемых нормативных документах не всегда указывается на их рекомендательный характер, сами документы не снабжаются приложениями, в которых обосновываются те предложения, формулы, положения, которые закладываются в эти документы. В России практически отсутствуют экспериментальные и теоретические исследования, посвященные проблеме усиления металлических строительных конструкций композитными материалами. Приведенные в списке литературы иностранные публикации могут послужить основой для разработки предварительного варианта нормативного документа по применению композитов для усиления металлических конструкций.

Annotation

The article is devoted to the analysis of the problem of the use of composite materials to strengthen building structures. It is shown that in the experimental and theoretical work devoted to the problem strengthen of concrete structures. There are a number of guidelines, recommendations, standards organizations and national regulations on the use of composites to strengthen of concrete structures. Overwhelmingly they rely on foreign regulations and foreign experimental and theoretical studies. To calculate them are encouraged to use a technique of limiting states, but any reasonable justification for the applicability of this technique is not given.

The proposed regulations are not always indicated on their recommendation, the documents are not supplied with applications that are justified, those sentences formula, provisions that are laid in these documents. In Russia, there are practically no experimental and theoretical studies of the problem of strengthening metal constructions with composite materials. Listed in the bibliography of foreign publications can serve as a basis for the development of a preliminary version of a regulation on the use of composites for strengthening steel structures.

Овчинников Игорь Георгиевич

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, профессор, д-р техн.наук, профессор кафедры «Транспортное строительство», тел.89033280380; bridgesar@mail.ru

Овчинников Илья Игоревич

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, доцент, канд.техн.наук, докторант кафедры «Транспортное строительство», тел.89603443236; bridgeart@mail.ru

Чесноков Георгий Владимирович

«НИИ Графит», главный специалист проектного офиса «Строительный кластер», тел. 89626190885; gchesnokov@niigrafit.org

Покулаев Константин Валерьевич

Приволжская железная дорога-филиал ОАО «РЖД», заместитель начальника службы пути по ИССО, sam_iskenderov@bk.ru

Татиев Даурен Амантаевич

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А.Гагарина, магистрант кафедры «Транспортное строительство», тел. 89376395749; daur_t90@mail.ru

Металлические конструкции сооружений промышленного, гражданского, транспортного назначения в процессе эксплуатации подвергаются воздействию разнообразных эксплуатационных факторов – нагрузки, температуры, агрессивной окружающей среды, в результате чего несущая способность сооружений снижается, долговечность сокращается. Одним из способов восстановления и при необходимости повышения несущей способ-

ности строительных конструкций является их усиление. Можно сказать, что усиление строительных, в том числе и металлических, конструкций представляет собой неотъемлемую часть процессов строительства и эксплуатации зданий и сооружений различного назначения.

К наиболее часто встречающимся причинам усиления металлических конструкций можно отнести:

- повреждение металлических конструкций, которое привело к снижению их несущей способности, жесткости, трещиностойкости;
- изменение условий эксплуатации металлических конструкций;
- изменение расчетной схемы металлических конструкций;
- необходимость повысить надежность и долговечность металлических конструкций;
- ошибки при проектировании, монтаже и эксплуатации металлических конструкций.

Вопросы прогнозирования несущей способности и долговечности металлических конструкций, подвергающихся коррозионному разрушению, рассмотрены в работах [1; 2; 3].

Для усиления металлических конструкций могут использоваться традиционные способы, включающие увеличение и наращивание сечений элементов, установку дополнительных элементов в существующие конструкции, устройство дополнительных опор и подкосов с целью изменения конструктивной схемы элементов, устройство дополнительных связей, ребер, диафрагм и распорок для увеличения местной и общей устойчивости металлических конструкций, обетонирование металлических конструкций и другие способы.

В последнее время для усиления металлических конструкций все чаще стали применяться современные способы усиления, основанные на применении армированных фибрами полимерных материалов (композитных или композиционных материалов, или композитов).

В литературе композитные материалы, армированные стеклотканью, арамидными или углеродными волокнами, называются композиционными материалами с фиброй – КМФ, или фиброармированными пластиками – ФАП. Наибольшее распространение получили углепластики, то есть композиты, армированные углеволокном.

Внешнее армирование из фиброармированных пластиков используется для усиления стержневых растягиваемых и изгибаемых элементов, для создания армирующих усиливающих оболочек на колоннах и опорах, для усиления элементов ферм, эстакад, пластинок, оболочек и других конструкций.

При проектировании усиления металлических конструкций с использованием фиброармированных пластиков необходимо учитывать остаточную несущую способность и жесткость элементов, подвергаемых усилению. Для расчетной оценки усилий в элементах усиливаемых конструкций и

в элементах самого усиления необходимо использовать данные, полученные при обследовании, которое в обязательном порядке должно предшествовать усилению.

При расчете усиливаемых конструкций обычно используется метод предельных состояний, разработанный в Советском Союзе и в дальнейшем получивший широкое распространение в мире под названием метода частных коэффициентов.

Расчет по первой группе предельных состояний производится для всех конструкций, усиленных фиброармированными пластиками. По второй группе предельных состояний расчет производится, если после усиления расчетная нагрузка увеличивается. При расчете усиленных фиброармированными пластиками металлических конструкций обычно рассматривается несколько возможных схем разрушения и наступления предельных состояний усиленного элемента. Так как расчет может проводиться на несколько сочетаний нагрузок, то обычно используется итерационный подход, то есть вначале ориентировочно назначается или определяется для одного из вариантов нагружения площадь сечения армированного пластика, а затем эта площадь сечения корректируется в соответствии с результатами проверок соответствующих предельных состояний.

Диаграмма деформирования фиброармированных пластиков представляет собой линейную зависимость между напряжениями и деформациями практически до разрушения, поэтому для моделирования поведения армированных пластиков используется закон Гука. При этом следует учитывать, что свойства фиброармированных пластиков зависят от типа, количества и ориентации армирующих фибровых волокон. При этом также надо учитывать, что фиброармированные пластики обычно являются ортотропными материалами, а их коэффициент линейного расширения отличается от такового для усиливаемых металлических конструкций.

Весьма важным условием надежной эксплуатации металлических конструкций, усиленных с помощью фиброармированных пластиков, является соблюдение конструктивных требований, которые являются неотъемлемой частью проектирования.

Довольно распространенной причиной появления и развития повреждений металлических конструкций является отсутствие мониторинга их состояния, а также практически полное отсутствие систем эксплуатации.

С другой стороны, увеличение действующих нагрузок на металлические сооружения, в частности, увеличение нагрузки от подвижного состава и интенсивности его движения на мостах может потребовать усиления существующих металлических мостовых сооружений. При этом может оказаться, что расходы, связанные с усилением эксплуатируемых металлоконструкций, будут

меньше, чем расходы, необходимые для демонстража, реконструкции или замены эксплуатируемого сооружения.

Для усиления металлических конструкций с целью повышения их несущей способности обычно применяются металлические накладки, пластины, для прикрепления которых используются болтовые или сварные соединения. Однако этот способ имеет ряд недостатков. Металлические накладки приводят к увеличению собственного веса сооружения, они подвержены разрушению от коррозии и усталости. Нередко может оказаться трудным приваривание их к усиливаемым элементам.

Кроме того, усиление металлических конструкций транспортных сооружений, находящихся в эксплуатации, может привести к необходимости ограничить или вообще прекратить движение транспорта на период проведения ремонтных работ.

Применение для усиления металлических конструкций внешнего армирования из композитных материалов на основе углеродных, арамидных и стеклянных волокон позволяет преодолеть трудности, возникающие при использовании традиционных материалов и технологий.

Армированные волокнами полимерные материалы имеют более высокую, чем сталь, прочность, малый вес (то есть большую удельную прочность), они хорошо сопротивляются воздействию коррозионных эксплуатационных сред, удобны в применении и не требуют тяжелого оборудования.

Дополнительно отметим, что использование армированных волокнами полимерных материалов для усиления металлических конструкций не так широко распространено, как их применение для усиления бетонных, железобетонных или каменных конструкций.

Применение армированных волокнами полимерных материалов для усиления старых металлических конструкций может оказаться также эффективным вследствие хорошего сочетания свойств композита и материала усиливаемой конструкции. Высокая прочность композитного материала, а также использование технологии предварительного напряжения могут компенсировать низкую прочность на растяжение материала усиливаемой конструкции.

При этом важное значение имеет технология приклеивания усиливающего элемента к усиливаемому. При выборе армированных волокнами полимерных материалов для усиления конструкций следует иметь в виду, что углеродные волокна нередко более предпочтительны, так как они имеют модуль упругости, близкий к модулю упругости стали или превышающий его. Арамидные или стеклянные волокна такими свойствами не обладают. Однако при использовании полимеров, армированных углеродными волокнами, следует применять специальный изолирующий слой меж-

ду композитом и усиливаемым элементом во избежание протекания электрохимической коррозии. При использовании полимеров, армированных стеклянными или арамидными волокнами, такой предосторожности не требуется.

Результаты опубликованных исследований и испытаний, посвященных применению полимеров, армированных волокнами различного типа, для усиления металлических конструкций показывают, что получаемые соединения являются достаточно универсальными и надежными, и потому их применение постоянно расширяется.

Следует сразу же отметить, что проблема усиления металлических конструкций внешним армированием с использованием композитных материалов не так разработана, как, скажем, проблема усиления бетонных, железобетонных и каменных конструкций, и потому эффективные решения возможны только для некоторых типов конструкций.

Различные конструкции (фермы, рамы, опорные системы, эстакадные конструкции и так далее) представляют собой сочетание тонкостенных стержневых, пластинчатых и оболочечных элементов, работающих на растяжение, сжатие, сдвиг, кручение, изгиб. Поэтому усиление этих сложных, на первый взгляд, конструкций сводится к усилению составляющих их металлических элементов – стержней, работающих на растяжение – сжатие, балок, работающих на изгиб, элементов, работающих на сдвиг и пластинчатых или оболочечных элементов, находящихся чаще всего в двухосном напряженном состоянии.

Мы полагаем, что материалы данной работы могут оказаться полезными при выявлении проблем, которые до сих пор остаются нерешенными и позволят инженерам и ученым сконцентрироваться на их решении в ближайшее время.

Анализ опубликованной литературы показал, что в России количество исследований, в которых анализируются проблемы усиления металлических конструкций фиброармированными пластиками, а также поведение усиленных пластиками металлических конструкций, весьма ограничено, а нормативные документы в отличие от руководств по усилению железобетонных конструкций практически отсутствуют.

Отметим, например, российские документы, разработанные для усиления железобетонных конструкций композитными материалами [4-13].

В руководстве [4] по усилению железобетонных конструкций композитными материалами рассматривается усиление конструкций композиционными материалами как заводского изготовления (ламинатами), так и создаваемыми непосредственно на строительном объекте из тканей (лент, холстов) за счёт пропитки и наклейки их специальными полимерными составами (в основном на эпоксидной основе). Приведена методика расчета усиливаемых железобетонных конструкций внешним армированием композиционными матери-

алами на базе углеродных, арамидных и стеклянных волокон, основанная на применении метода расчета по предельным состояниям. В основу разработки этого руководства положен опыт проектирования и выполнения работ по усилению конструкций ООО «ИнтерАква», исследования, проведенные в НИИЖБ, а также результаты зарубежных экспериментальных исследований, рекомендации производителей композиционных материалов для усиления строительных конструкций, анализ данных практического применения композиционных материалов для усиления строительных конструкций в России и за рубежом.

В работе [5] «Инновационные методы усиления конструкций мостов» приведено описание технологий усиления элементов автодорожных мостов и результаты расчета усиления железобетонной балки и мостовой опоры. Отмечено, что применение композитов позволяет не только усилить ослабленные конструкции пролетных строений в кратчайшие сроки, но и увеличить нормативную грузоподъемность морально устаревших мостов до современного уровня, исключая дорогостоящую замену несущих элементов пролетных строений, применение тяжелой техники, строительство подъездных дорог и т.д.

В технических условиях [6] приведены требования к углеродным однонаправленным лентам, применяемым в качестве наполнителей в полимерных композиционных материалах для систем внешнего армирования.

В Стандарте организации [7] приведена методика расчета усиливаемых железобетонных конструкций внешним армированием композитными материалами на основе углеродных, арамидных и стеклянных волокон (фиброармированными пластиками), примеры расчета и рекомендации по технологии усиления. Так как в основу разработки этого стандарта организации положен опыт проектирования и выполнения работ по усилению конструкций, научные исследования, проведенные в НИИЖБ, ООО «ИнтерАква», ЗАО «Триада-Холдинг», то очевидно, что стандарт [7] является определенного рода модернизацией руководства [4].

Стандарт организации [8] – система внешнего армирования из полимерных композитов FibARM для ремонта и усиления строительных конструкций – устанавливает общие требования к проведению работ, требования к оборудованию, приспособлениям, инструменту и материалам, используемым в технологическом процессе, последовательность выполнения отдельных технологических операций, включая приемы выполнения отдельных видов работ, требования к технологическим режимам, методы контроля качества работ и материалов, а также требования безопасности и охраны окружающей среды. В экспертном заключении [9] на этот стандарт от «НИЦ Мосты» содержится интересный вывод: «Представленный к ЗаклЮчению Стандарт организации ... в целом

соответствует по содержанию, номенклатуре операций и требований к рассматриваемому в нем процессу, а также требованиям нормативной документации».

Наверное, после такого заключения разработчик документа [8] ЗАО «Препрег-СКМ» привлек к разработке НИИЖБ, и новый стандарт организации [10] содержит уже не 16, а 61 страницу и, как отмечается в документе, «рекомендуется для использования проектными организациями при разработке документации на ремонт и реконструкцию железобетонных и бетонных конструкций различного назначения системами внешнего армирования из полимерных композитов».

Участие НИИЖБа, судя по всему, вылилось в разработку рекомендаций по расчету усиления железобетонных конструкций системой внешнего армирования из полимерных композитов FibARM [11], которые и вошли составной частью в [10].

Представляет интерес руководство по усилению железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов системой внешнего армирования на основе углеродных волокон [12], в котором приведены основные положения, нормы и практические указания по определению грузоподъемности балочных железобетонных пролетных строений эксплуатируемых железнодорожных мостов, усиленных композиционными материалами. Расчетные формулы построены на основе методики расчета инженерных сооружений по предельным состояниям. Расчет грузоподъемности неусиленных пролетных строений проводился по Руководству по определению грузоподъемности железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов, а методология расчета усиленных пролетных строений разработана авторами руководства [12].

Свод правил «Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами» [13] распространяется на проектирование восстановления и усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений различного назначения путем устройства внешнего армирования композиционными материалами на основе углеродных, арамидных и стеклянных волокон. Нормы устанавливают требования к проектированию восстановления и усиления железобетонных конструкций, изготавливаемых из тяжелого и мелкозернистого бетонов.

При анализе данного свода правил (СП) авторы данной статьи в свое время высказали следующие замечания и рекомендации, которые можно распространить на все упоминаемые выше нормативные документы:

- В области применения композитов для усиления конструкций поставлено не так уж много экспериментов, причем их результаты не всегда однозначны.

Поэтому мы полагаем, что не всегда обоснован прямой перенос формул и положений документов по усилению железобетонных конструкций

стальными элементами на случай усиления композитами.

- Может быть, поэтому имеет смысл снабдить СП приложениями, в которых будут в определенной мере обосновываться или хотя бы объясняться те предложения, формулы, положения, которые закладываются в СП.

- Как мы понимаем, СП относится не к техническим регламентам и не к стандартам предприятий (организаций), то есть не является обязательным для использования документом, а имеет статус национального стандарта (в рамках ФЗ 184 «О техническом регулировании...»). А значит, надо убедить расчетчика (проектировщика) использовать его не потому, что в нем все жестко прописано – как, когда, что делать, а потому, что понятно, почему делать именно так и, значит, проектировщик, выполнив расчет по СП, сможет убедительно обосновать правильность выполненного расчета и проекта разумными рассуждениями, а не тупой ссылкой на СП, где этих рассуждений и обоснований нет.

- Наше мнение – неудобно пользоваться документом, в котором то и дело даются ссылки на формулы или положения другого документа, в котором надо еще разобраться и понять применимость приводимых там формул и положений. Может быть, сделать СП потолще, но самодостаточным, чтоб в нем расчетчик мог найти как можно больше нужного ему.

- Следует иметь в виду, что расчет по деформационной модели гораздо сложнее расчета по предельным состояниям, и потому получается непонятно, что простой расчет приводится подробно, а сложный расчет с недомолвками и недосказанностями и без указания о принятых гипотезах (сплошность, однородность, нелинейность – есть или нет разгрузка или циклическое нагружение, учитываются ли где-то реологические свойства (ползучесть) материалов). Об этом как-то не говорится.

- При какой температуре производится расчет? Какие характеристики бетона, стали и композитов для этой температуры принимать? Учитывать или нет температурные напряжения, деформирование во времени? Как быть с деформациями, накопленными в конструкции до усиления? Убирать их (разгружая конструкцию) или нет?

- Мы полагаем, что каждую методику расчета в силу новизны предмета следует сопровождать численными примерами расчета с конкретными цифрами, размерами, коэффициентами, с объяснением, почему делается так, а не иначе. И это замечание относится и к расчету по предельным состояниям и, тем более к расчету по деформационной модели. Следует учитывать, что нынешние молодые инженеры многих вещей недоучили в вузе и не всегда есть, кому подсказать и объяснить, поэтому известное правило, что, «научают примеры», очень важно.

- Надо бы в начале четко сформулировать, что существуют два подхода к расчету железобетон-

ных элементов: один основан на методе предельных состояний и включает в себя то-то и то-то. Он применим тогда-то и тогда-то. Второй подход, основанный на деформационной модели железобетона (а правильнее – на использовании общего метода решения задач строительной механики и теории упругости путем совместного рассмотрения уравнений равновесия, геометрических и физических соотношений), имеет более широкую область применения и характеризуется тем-то и тем-то. Он сложнее, чем первый, но корректнее, так как опирается на непротиворечивые (как в первом случае) гипотезы и потому не приводит к противоречивым выводам.

- Возникает также вопрос. На сколько можно повысить грузоподъемность (несущую способность) конструкций при использовании композитов. Второй вопрос. Насколько долговечным будет такое усиление. Не получится ли, что для обеспечения достаточной долговечности лучше заменить полностью железобетонные элементы на более мощные – это и повысит несущую способность и обеспечит требуемую долговечность (лет 30-50). А усиление композитами будет гарантировать только долговечность лет 10, а потом придется возвращаться к замене железобетона новым. То есть мы имеем в виду то, что надо четко определить область применения композитов и по несущей способности и по долговечности. В СП мы этого не нашли.

- В Своде правил отсутствуют положения по технологии и контролю качества производства работ при усилении железобетонных конструкций композиционными материалами.

Еще раз повторим, что нам почему-то кажется, что высказанные вопросы и замечания можно отнести практически ко всем рассмотренным выше нормативным документам.

Отметим еще раз, что практически все отечественные нормативные документы основаны на использовании зарубежных нормативных документов. Поэтому кратко укажем на них.

Документ [14] представляет собой рекомендации по проектированию и конструированию бетонных сооружений, армированных композитными материалами, разработанные Японским обществом гражданских инженеров.

Японская строительная ассоциация по предотвращению разрушений разработала руководство по модернизации существующих бетонных сооружений в зоне сейсмической активности при помощи армирования композитными материалами [15].

Международной Федерацией по армированию бетона, являющейся группой экспертов, включающей представителей большинства Европейских университетов, научно-исследовательских институтов и промышленных компаний, работающих в области армирования бетонных конструкций композитной арматурой, в 1999 году подготовлен документ по армированию бетонных конструкций композитной арматурой [16].

Американский институт бетона 2004 году выпустил руководство по методам испытания композитной арматуры для армирования бетонных конструкций [17].

В 2006 году итальянский национальный исследовательский совет разработал руководство по проектированию и конструированию бетонных сооружений, армированных композитной арматурой [18].

Американским институтом бетона в 2007 году подготовлен документ «Арматура из фиброармированных пластиков для бетонных конструкций» [19], а в 2008 году подготовлено руководство по проектированию и конструированию наружного армирования бетонных конструкций с использованием композитной арматуры [20]. В этом документе отмечается, что фиброармированные системы являются альтернативой традиционным методам усиления, использующим металл, причем фиброармированные пластики используются в качестве дополнительной внешней арматуры. Системы армирования с применением ФАП обладают преимуществами по сравнению с традиционными методами усиления – они легкие, относительно просты в установке, не подвергаются коррозии. В указанных рекомендациях приведена информация об истории и использовании систем усиления из фиброармированных пластиков, описываются уникальные свойства ФАП и даются рекомендации по проектированию, применению и контролю систем усиления из ФАП, применяемых для усиления бетонных конструкций. Рассмотренные в руководстве принципы основаны на знаниях, полученных в процессе экспериментальных исследований, теоретического анализа и натурных исследованиях.

В 2001 году Канадская корпорация «Интеллектуальные разработки для инновационных структур» подготовила документ «Железобетонные конструкции с фиброармированной арматурой», а в 2007 году Канадская ассоциация стандартов выпустила документ под названием «Проектирование и разработка строительных конструкций с использованием композитной арматуры».

В 2004 году Американский институт бетона выпустил, а в 2011 году переутвердил документ «Предварительно напряженные бетонные конструкции со стержневой композитной арматурой».

Международная федерация строительного бетона в 2007 году выпустила в Швейцарии документ «Композитная арматура в железобетонных конструкциях».

В Италии Консультативный комитет по разработке технических рекомендаций для строительства при Национальном исследовательском совете стимулировал разработку ряда важных документов, в том числе «Руководства по проектированию и строительству бетонных конструкций, армированных композитами», «Руководства по проектированию и монтажу фиброармированных систем для усиления существующих конструкций.

Металлические конструкции», «Руководства по проектированию и монтажу фиброармированных систем для усиления существующих конструкций. Железобетонные и преднапряженные конструкции, каменные конструкции», «Руководства по проектированию и монтажу фиброармированных систем для усиления существующих конструкций. Деревянные конструкции».

Как видно, преобладающий объем нормативных документов, а значит и теоретических и экспериментальных исследований, относится к проблеме усиления железобетонных конструкций композитными материалами. Следовательно, в этой сфере имеется достаточно большой объем проведенных исследований, что позволяет надеяться на достаточную проработанность методов расчета железобетонных конструкций, усиленных композитными материалами.

Применительно к проблеме усиления металлических конструкций композитными материалами даже иностранных нормативных документов весьма мало. Что же касается России, то политический кризис, развившийся на территории СССР, и дальнейший экономический спад в 1990-е годы XX столетия в России отодвинули и практически свели на нет научно-теоретические и технологические исследования в этом направлении. Поэтому наши поиски отечественных разработок применительно к сфере строительства, оказались безуспешными, и мы вынуждены были обратиться к зарубежным исследованиям.

Выводы

Проведенный анализ состояния проблемы применения фиброармированных пластиков для усиления металлических строительных конструкций показал следующее:

1) в России в настоящее время интенсивно развивается применение композитных материалов (фиброармированных пластиков) для усиления железобетонных и предварительно напряженных железобетонных конструкций;

2) имеется ряд руководств, рекомендаций, стандартов организаций и сводов правил по применению композитов для усиления железобетонных конструкций. В подавляющем большинстве они опираются на иностранные нормативные документы и иностранные экспериментальные и теоретические исследования. Для расчета в них предлагается использовать методику предельных состояний, причем сколько-нибудь разумного обоснования применимости этой методики не приводится, а используется тезис: все так делают;

3) в предлагаемых нормативных документах не всегда указывается на их рекомендательный характер, сами документы не снабжаются приложениями, в которых в определенной мере обосновываются, объясняются те предложения, формулы, положения, которые закладываются в эти документы. То есть используется старая (СНиПовская) методика построения документов, но если СНиПы опирались на результаты многочисленных

экспериментальных исследований, но здесь ничего подобного не наблюдается;

4) в России практически отсутствуют экспериментальные, и теоретические исследования, посвященные проблеме усиления металлических строительных конструкций композитными материалами, хотя в авиации и космонавтике подобные наработки имеются;

5) приведенные в списке литературы публикации (к сожалению, иностранные) могут послужить основой для разработки предварительного варианта нормативного документа по применению композитов для усиления металлических конструкций.

Список используемых источников:

1. Овчинников И.Г., Почтман М.Ю. Тонкостенные конструкции в условиях коррозионного износа. Расчет и оптимизация: Монография. – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1995. 192 с.
2. Наумова Г.А., Овчинников И.Г. Расчеты на прочность сложных стержневых и трубопроводных конструкций с учетом коррозионных повреждений: Монография. СГТУ. – Саратов. 2000. – 227 с.
3. Наумова Г.А., Овчинников И. Г., Снарский С.В. Расчет трубопроводных конструкций с эксплуатационными повреждениями. – Волгоград: ВолгаАСУ, 2009. – 184 с.
4. Чернявский В.Л., Хаяутин Ю.Г., Аксельрод Е.З. и др. Руководство по усилению железобетонных конструкций композитными материалами. – М., 2006. – 60 с.
5. Бокарев С.А., Иванов А.А., Смердов Д.Н. и др. Инновационные методы усиления конструкций мостов. СибГУПС и ООО Главгросстрой. – Новосибирск, 2008. – 38 с.
6. ТУ 1916-005-61664530-2011. Углеродные однонаправленные ленты для систем внешнего армирования (СВА). Технические условия. – М.: ЗАО «Препрег-СКМ», 2011. – 24 с.
7. СТО 13613997-001-2011. Стандарт организации. Усиление железобетонных конструкций композитными материалами. ООО «Зика». – М., 2011. – 55 с.
8. СТО 2236-002-2011. Стандарт организации. Система внешнего армирования из полимерных композитов FibARM для ремонта и усиления строительных конструкций. Общие требования. Технология устройства. ЗАО «Препрег-СКМ». – М., 2011. – 16 с.
9. Экспертное заключение на СТО 2256-002-2011. «Система внешнего армирования из полимерных композитов FibARM для ремонта и усиления строительных конструкций. Общие требования. Технология устройства. ЗАО «Препрег-СКМ». М. 2011. 16 с.». Филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ Мосты». 2011. – 5 с.
10. СТО 2256-002-2011. Стандарт организации. Система внешнего армирования из полимерных композитов FibARM R для ремонта и усиления строительных конструкций. ЗАО «Препрег-СКМ» при участии НИИЖБ.М. 2012. 61 с.
11. Залесов А.С., Зенин С.А., Пащанин А.А. и др. Рекомендации по расчету усиления железобетонных конструкций системой внешнего армирования из полимерных композитов FibARM. – М.: НИИЖБ. 2012. – 29 с.
12. Бокарев С.А., Неровных А.А., Бардаев П.П. Руководство по усилению железобетонных пролетных строений железнодорожных мостов системой внешнего армирования на основе углеродных волокон. Первая редакция. ОАО «Российские железные дороги». – М., 2012. – 60 с.
13. Свод правил. Усиление железобетонных конструкций композиционными материалами. Первая редакция. ОАО «НИЦ «Строительство»-НИИЖБ им.А.А.Гвоздева, ЗАО «Триада-Холдинг». – М., 2012. – 61 с.
14. Concrete Engineering Series 23»Recommendation For Design And Construction Of Concrete Structures Using Continuous Fiber Reinforcing Materials, Research Committee on Continuous Fiber Reinforcing Materials», Tokyo, 1997. Japan Society of Civil Engineers (JSCE). 325 p.

15. Design Manual «Seismic Retrofitting Design and Construction Guidelines for Existing Reinforced Concrete (RC) Buildings with FRP Materials». Japan Building Disaster Prevention Association (JBDPA). Tokyo, Japan, (1999), 115 p.

16. FIP Task Group 9.3 - FRP reinforcement in RC structures, 1999. Fib CEB-FIP

17. ACI 440.3R-04 - Guide Test Methods for Fiber-Reinforced Polymers (FRPs) for Reinforcing or Strengthening Concrete Structures. American Concrete Institute (ACI). Farmington Hills, Mich., (2004), 40p.

18. CNR-DT 203/2006 - Guide for the Design and Construction of Concrete Structures Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars, 2006. Consiglio Nazionale Delle Ricerche.

19. ACI 440R-07 "Report on Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Reinforcement for Concrete Structures," ACI Committee 440, American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., (2007), 100p.

20. 440.2R-08 - Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures. American Concrete Institute (ACI).

УДК 539. 4

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УЧИТЫВАЮЩЕЙ ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРУЖЕНИЯ

CREATING A MODEL OF CORROSION WEAR OF TUBULAR MEMBERS TO CONSIDER THE INFLUENCE OF THE LOADING RATE

Ключевые слова: трубчатые элементы, коррозионный износ, циклическое нагружение, режимное нагружение.

Keywords: pipes, corrosive wear, cyclic loading, modal loading.

Аннотация

Предлагается модель коррозионного износа металлических трубчатых элементов с учетом того, что на конструкцию воздействует меняющееся режимное или циклическое нагружение. Соответственно коррозионный износ в таких условиях протекает более интенсивно, что учитывается в предлагаемой модели.

Annotation

In this paper, we propose a model wear corrosion of metallic tubular elements, with the addition that the modal structure affects the changing or cyclic loading. Accordingly, corrosive wear in such conditions is more intensive, which is accounted for in the proposed model.

Черных Валентин Константинович
Саратовский государственный технический
университет им. Ю. А. Гагарина,
аспирант кафедры ТСТ,
тел. +7-927-228-11-72; mtt91@yandex.ru

Большинство металлических трубчатых конструкций (в том числе мосты из старогонных труб) в процессе эксплуатации подвергаются воздействию агрессивных сред, из-за чего происходит коррозионный износ. Как показывают экспериментальные исследования, скорость изменения напряженного состояния элементов оказывает интенсифицирующее влияние на кинетику коррозионного износа. Известные модели коррозионного износа [1] не учитывают влияние скорости нагружения на его кинетику.

Предлагается модель коррозионного износа трубчатых элементов, учитывающая скорость нагружения:

$$V = V_1 + V_2, \quad (1)$$

где $V = d\delta/dt$ – скорость коррозии, член

$V_1 = V_0 \cdot f(\sigma)$ учитывает влияние коррозионной среды и уровня напряженного состояния на скорость коррозии, а член $V_2 = k_2 \cdot \frac{d\sigma}{dt}$ учитывает

влияние скорости изменения напряженного состояния, вызываемого действием внешней нагрузки. В этих выражениях δ – глубина коррозионного износа, t – время, V_0 – скорость коррозии ненапряженного металла, σ – напряжение, k_2 – коэффициент, учитывающий весовой вклад скорости изменения напряжения на кинетику развития коррозионного процесса.

Для описания кинетики коррозионного износа конструкций без учета влияния скорости изменения напряженного состояния использовались модели вида [1]:

$$\frac{d\delta}{dt} = f(t, \dots, \sigma). \quad (2)$$

Выражение для правой части этого уравнения, описывающего влияние напряжения на скорость коррозии, может быть принято в форме:

$$V = \frac{d\delta}{dt} = V_0 (1 + k_1 \cdot \sigma) \quad (3)$$

или в форме

$$V = V_0 \cdot \exp(k \cdot \sigma), \quad (4)$$

Применим уравнение (1), записанное в виде

$$\frac{d\delta}{dt} = V_0 \cdot f(\sigma) + k_2 \cdot \frac{d\sigma}{dt}, \quad (5)$$

к моделированию коррозионного износа элемента трубчатого сечения (рис. 1), к которому приложена изменяющаяся во времени нагрузка P , действующая вдоль продольной оси.

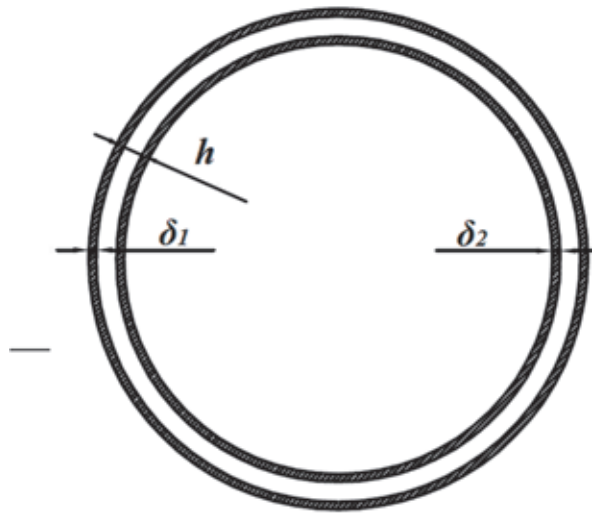


Рис. 1. Сечение трубы. h – толщина стенки трубы, δ_1 – глубина внешней коррозии, δ_2 – глубина внутренней коррозии

$A_0 = \pi \cdot d \cdot h$ – площадь сечения до коррозии.

Соответственно $A(t) = \pi \cdot d \cdot (h - \delta_1 - \delta_2)$ – текущая площадь сечения, либо

$$A(t) = A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta_1 - \pi \cdot d \cdot \delta_2.$$

Положим, что труба подвергается коррозионному износу только с внешней стороны, тогда $\delta_2 = 0$. δ_1 будем обозначать просто δ , соответственно, текущая площадь сечения:

$$A(t) = A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta.$$

Выразим напряжение через нагрузку. Усилие в элементе равно приложенной нагрузке P , соответственно:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{P}{A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta}. \quad (6)$$

Очевидно, так как знаменатель постоянно убывает, то напряжение будет возрастать.

Запишем частный случай уравнения (5) в виде (2):

$$\frac{d\delta}{dt} = V_0 (1 + k \cdot \sigma) + k_2 \cdot \frac{d\sigma}{dt}. \quad (7)$$

Рассмотрим три варианта изменения нагрузки (рис. 2):

– нагрузка равномерно возрастает

$$P = P_0 + \alpha \cdot t;$$

– нагрузка равномерно убывает

$$P = P_0 - \alpha \cdot t;$$

– нагрузка изменяется по синусоидальному

закону $P = P_0 + b \cdot \sin(\frac{\pi \cdot t}{l})$.

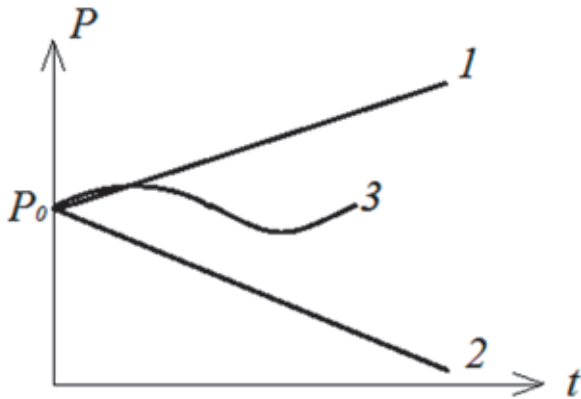


Рис. 2. График изменения нагрузки

В первом случае:

$$P = P_0 + \alpha \cdot t. \quad (8)$$

Тогда

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{P_0 + \alpha \cdot t}{A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta}. \quad (9)$$

Так как $\sigma(t) = \frac{N(t)}{A(t)}$, то выражение для скорости изменения напряженного состояния примет вид:

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{\alpha \cdot (A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta) + \pi \cdot d \cdot \frac{d\delta}{dt} (P_0 + \alpha \cdot t)}{(A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta)^2}. \quad (10)$$

Путем математических преобразований получаем:

$$\frac{d\delta}{dt} = V_0 + \frac{V_0 \cdot k_1 \cdot (P_0 + \alpha \cdot t)}{A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta} + \frac{k_2 \cdot \alpha}{A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta} + \frac{k_2 \cdot \pi \cdot d \cdot (P_0 + \alpha \cdot t)}{(A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta)^2} \frac{d\delta}{dt} \quad (11)$$

Во втором случае:

$$P = P_0 - \alpha \cdot t. \quad (12)$$

Напряжение:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{P_0 - \alpha \cdot t}{A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta}. \quad (13)$$

Выражение для скорости изменения напряженного состояния примет вид:

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{\pi \cdot d \cdot \frac{d\delta}{dt} (P_0 - \alpha \cdot t) - \alpha \cdot (A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta)}{(A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta)^2}. \quad (14)$$

Преобразовывая, получаем:

$$\frac{d\delta}{dt} = V_0 + \frac{V_0 \cdot k_1 \cdot (P_0 - \alpha \cdot t)}{A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta} - \frac{k_2 \cdot \alpha}{A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta} + \frac{k_2 \cdot \pi \cdot d \cdot (P_0 - \alpha \cdot t)}{(A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta)^2} \frac{d\delta}{dt} \quad (15)$$

В третьем случае:

$$P = P_0 + b \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{l}\right). \quad (16)$$

Напряжение:

$$\sigma = \frac{N}{A} = \frac{P_0 + b \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{l}\right)}{A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta}. \quad (17)$$

Выражение для скорости коррозии примет вид:

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{\frac{b \cdot \pi \cdot t}{l} \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot t}{l}\right) \cdot (A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta) + \pi \cdot d \cdot \frac{d\delta}{dt} (P_0 + b \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{l}\right))}{(A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta)^2}. \quad (18)$$

Преобразовывая, получаем:

$$\frac{d\delta}{dt} = V_0 + \frac{V_0 \cdot k_1 \cdot (b \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{l}\right) + P_0)}{(A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta)} + \frac{k_2 \cdot b \cdot \pi \cdot t \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot t}{l}\right)}{l \cdot (A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta)} + \frac{k_2 \cdot \pi \cdot d \cdot (b \cdot \sin\left(\frac{\pi \cdot t}{l}\right) + P_0)}{(A_0 - \pi \cdot d \cdot \delta)^2} \frac{d\delta}{dt}. \quad (19)$$

Для получения закона изменения коррозионного износа в рассматриваемых случаях нужно решить задачу Коши в виде (11), (15), (19) тем или иным численным методом (Рунге-Куты, Адамса-Башфорта и др.)

Список литературы

1. Овчинников И. И., Наумова Г. А. Накопление повреждений в стержневых и пластинчатых армированных конструкциях, взаимодействующих с агрессивными средами. – Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2007. – 272 с.
2. Черных В. К., Овчинников И. Г. Построение и анализ модели коррозионного износа металлоконструкций, учитывающей влияние скорости нагружения // Материалы VIII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России». – Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2014. – С.171-175.

УДК 629.7.073.6

МЕТОД И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ЗАХОДЕ НА ПЛОЩАДКУ ВНЕ АЭРОДРОМА

METHOD AND MATHEMATICAL MODEL OF SKILL FORMATION ON REMAKING INFORMATION DURING LANDING OUTSIDE AN AIRFIELD

Ключевые слова: математическая модель, информационная модель, формирование, эксперимент, навык.

Keywords: mathematical model, formation, experiment, information model, skill.

Аннотация

В статье предлагается метод формирования навыка по переработке летчиком приборной информации при заходе на площадку с самостоятельным подбором с воздуха и математическая модель процесса обучения по данному навыку.

Annotation

The article offers a method of skill formation on remaking information during helicopter landing outside an airfield leaned against a mathematical model. Also the mathematical model expected this method.

Муравьев Иван Станиславович

Санкт-Петербургский государственный
университет гражданской авиации,
аспирант,

тел. 89144287189; mantus87@mail.ru

Нуждин Семён Григорьевич

573 Авиационная база Армейской Авиации

2 разряда, г. Хабаровск,
летчик-штурман вертолета Ми-8,
старший лейтенант,
тел. 89243017810

Принято считать, что в сложных системах управления оператор принимает решение и действует, исходя из более обширной информации, чем та, которую он получает от информационной модели. На основе полученных ранее знаний и опыта работы оператор заблаговременно располагает определенным объемом дополнительных сведений о состоянии системы по сравнению с теми, которые отражены в информационной модели или вытекают из нее. Данные, полученные от информационной модели, плюс эти дополнительные сведения служат фундаментом для формирования концептуальной модели, обуславливающей деятельность оператора в системе управления [1]. Но как быть, если те самые дополнительные сведения оператор еще не имеет, если он еще не в состоянии сформировать концептуальную модель на основе информационной?

Известные теоретические исследования [2] показывают, что в процессе любого обучения управлению техническим средством через информационную модель оператор проходит три фазы обучения: когнитивную, ассоциативную, автономную. Непосредственное формирование навыка происходит в ассоциативной фазе. Поскольку в когнитивной фазе обучения действие изучается теоретически, а в автономной выполняется без участия первоначальных мозговых процессов, то в ассоциативной действия фиксируются в долговременной памяти и могут ассоциативно извлекаться оттуда в нужной последовательности при одновременно сохраняющемся сознательном контроле [3].

Подготовка к полетам на площадку с самостоятельным подбором с воздуха (ПСПВ) является одним из самых сложных и ответственных этапов обучения летчика. О сложности данного вида подготовки говорит и статистика: за последние 12 лет 59% авиационных событий (АС), связанных с ошибками экипажей вертолетов в технике пилотирования при выполнении полетных заданий, было допущено при полетах на ПСПВ (табл. 1) [4]. Методика по формированию навыка по данному виду полетов недостаточно разработана до настоящего времени [4-6]. В соответствии с [6] командиру воздушного судна (КВС) для получения допуска к полетам на ПСПВ необходимо выполнить один вывозной и один контрольный полет. В каждом полете произвести по 2-3 посадки на площадку. Для успешного захода на посадку на ПСПВ необходимо владеть способами построения и выдерживания глиссады со средних и предельно малых высот, навыком по выполнению ухода на второй круг и, как следствие, алгоритмом по переработке информации для оценки текущей ситуации и правильного принятия решения

[4], т.е. необходимо уметь предвидеть, опираясь на информационную модель. Такому спектру объяснительных элементов, как показывает многолетняя статистика, практически невозможно обучить за два тренировочных полета летчиков, впервые осваивающих этот вид подготовки. Данные обстоятельства ставят противоречивый вопрос о дальнейшей подготовке летного состава первых пяти лет службы в должности КВС.

Исследование [5-7] и опыт позволяют предложить методику по формированию концептуальной модели при заходе на ПСПВ, основанную на математической модели по обучению парным ассоциациям.

Безусловно, у каждого человека формирование навыка индивидуально, однако предположим, что, если летчика поставить в определенные условия, навык у него будет формироваться по известному закону, который предполагает меньший срок обучения данному виду подготовки, чем установленный в курсе летной подготовки. Для этого в соответствии с этим курсом было использовано 60 имеющихся посадок, предшествующих полетам на самоподбор.

Таблица 1
Распределение факторов, повлекших авиационные события при выполнении полетов на ПСПВ

Основные факторы, выявленные при расследовании событий	Процент от общего количества событий
Не координированные органами управления действия	25,1%
Неправильный подбор площадки	11,3%
Упущение во взаимодействии в экипаже	7,6%
Не учет метеорологических условий	19,4%
Не выдерживание глиссады захода	27,5%
Другие	9,1%

В Восточном военном округе на базе двух частей армейской авиации был проведен эксперимент, в процессе которого сорок летчиков, не имеющих опыта полетов с командирского сиденья, были поставлены в следующие условия. После выполнения штатного полетного задания при заходе на аэродром или площадку пилоту ограничивали приборную информацию таким образом, чтобы он мог воспринимать только два параметра. Эти пары параметров, именуемые в математической модели стимулами, или элементами списка пар, расположились так, что цикл посадок без повторения пар был равен шести. По условиям [7] циклы, именуемые в математической модели пробами, должны повторяться до тех пор, пока в двух пробах подряд испытуемый летчик не выполнит все посадки безошибочно, т.е. двенадцать правильных посадок. Стимулы меняли свой порядковый номер в каждой последующей пробе для исключения запоминания действий по распределению внимания. Пять стимулов, показанных на рис.1-5, предъявлялись в виде приборной ин-

формации, шестой стимул – путевая скорость и удаление – воспринимался оператором на слух при полностью закрытой приборной доске. На один из параметров летчик воздействовал общим, а на другой – циклическим шагом. Параметры контроля оборотов несущего винта, температуры газов и компас оставались открытыми постоянно, т.к. их исключать не было возможности по условиям безопасности полетов. Т.к. курсом подготовки летчиков определено, что самостоятельному полету на ПСПВ предшествует только 60 посадок, то, используя их и имеющиеся шесть пар стимулов (общее количество проб), получили, что каж-

дый испытуемый для обучения имел $\frac{60}{6} = 10$

проб для того, чтобы обучиться. Ошибочной являлась любая посадка, в которой испытуемый выходил за пределы параметров глиссады, и обозначалась в протоколе летчиком инструктором как «1», в противном случае – «0» (табл. 2, на которой приведен протокол эксперимента одного испытуемого). Также ошибочную пробу возможно зафиксировать по материалам бортовых самописцев. Однако по психологическим условиям формирования ассоциативных связей [6] правильное снижение по глиссаде должно иметь устное подкрепление, а ошибочные действия летчика должны исправляться. Это обуславливает необходимость выполнения этих полетов с опытным летчиком-инструктором.

Предположим, что формирование навыка при использовании предложенной методики будет описываться законом усиления ассоциативной

$$\text{связи } H = M - (M - H_1)b^{n-1},$$

где H_1 – первоначальное значение силы связи;
 H_n – зависимость силы связи от количества проб;

M – максимальная сила ассоциативной связи;
 b – скорость ее нарастания.

Закон усиления ассоциативной связи представлен на рис.6.



Рис.1. Стимульная пара: скорость-высота



Рис.2. Стимульная пара: обороты двигателей-скорость

В процессе эксперимента была получена матрица, которая включала следующие параметры:

- количество испытуемых летчиков $N_{л}$ -40,
- количество проведенных проб $N_{пр}$ -240,



Рис.3. Вариометр - тангаж



Рис.4. Скорость - вариометр



Рис.5. Высота - тангаж

Таблица 2

Протокол распределения ошибочных посадок одного из испытуемых

Номер стимульной пары	Номер пробы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

- количество последовательностей посадок «испытуемый-стимул» - ИС последовательностей (ИСП) для испытуемого $n_{исп}$ - 6, для эксперимента $N_{исп}$ - 240,
- количество совершенных ошибок в эксперименте всеми летчиками N_1 -418.

Для предсказания результатов эксперимента математическая модель использует лишь один входной параметр – среднее число ошибок в последовательности (для всех пилотов). Этот параметр выведем из отношения общего количества ошибок к числу проб в эксперименте

$$E(T) = \frac{N_1}{N_{пр}} = \frac{418}{240} = 1,74.$$

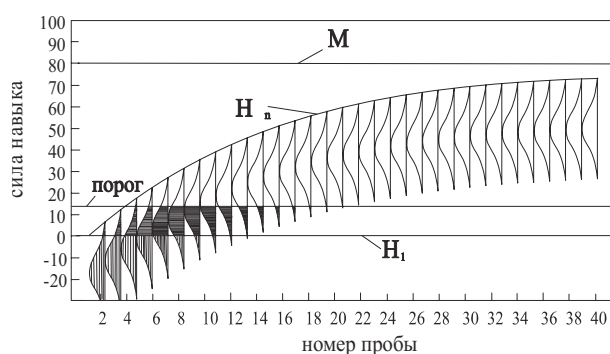


Рис.6. Диаграмма процесса усиления ассоциативной связи

После этого получим следующие результаты. Уравнение, описывающее зависимость вероятности ошибки от номера пробы (Pr), имеет вид:

$$Pr(x_n) = Pr(\bar{C}_n)(1 - g) = (1 - c)^{n-1}(1 - g), \quad (1)$$

где g – вероятность того, что летчик пройдет по глиссаде правильно наугад, будучи необученным. Примем $g = 0,5$; c – в модели является вероятностью того, что испытуемый перейдет в процессе выполнения посадки из состояния необученности (\bar{C}) в состояние обученности (C).

Для оценки c необходимо знать общее количество испытуемых летчиков и число элементов в пробе (A и B – соответственно), следовательно, количество ИС-последовательностей будет равно $A \times B$. Среднее число ошибок, которые были совершены, возьмём из протоколов испытаний

$E(T)=1,74$. Полагая $g=0,5$, будем иметь

$$E(T) = \frac{1-0,5}{c},$$

следовательно,

$$c = \frac{1-0,5}{E(T)} = \frac{1-0,5}{1,74} = 0,287.$$

После подстановки c в равенство (1) был вычислен теоретический процент неправильных ответов в n -й пробе:

$$\Pr(x_1) = (1-c)^{n-1}(1-g) = (1-0,287)^0(1-0,5) = 0,713^0 \cdot 0,5 = 0,5$$

$$\Pr(x_2) = 0,713 \cdot 0,5 = 0,356$$

$$\Pr(x_3) = 0,713^2 \cdot 0,5 = 0,254$$

$$\Pr(x_4) = 0,713^3 \cdot 0,5 = 0,181$$

$$\Pr(x_5) = 0,713^4 \cdot 0,5 = 0,129$$

$$\Pr(x_6) = 0,713^5 \cdot 0,5 = 0,092$$

$$\Pr(x_7) = 0,713^6 \cdot 0,5 = 0,065$$

$$\Pr(x_8) = 0,713^7 \cdot 0,5 = 0,046$$

$$\Pr(x_9) = 0,713^8 \cdot 0,5 = 0,033$$

Теоретическое распределение числа ошибок, приходящихся на одну ИС-последовательность, подсчитаем по формулам

$$\Pr(T=0) = gb, \quad (2)$$

$$\Pr(T=k) = \frac{(1-b)^k b}{1-c}, \quad (3)$$

где $\Pr(T=0)$ – вероятность того, что все посадки будут безошибочными, однако при этом не указывается вероятность перехода из состояния необученности в состояние обученности; T – число ошибочных посадок, приходящихся на одну пару открываемых приборов; k – номер пробы; b – вероятность дальнейших безошибочных посадок после совершения некоторых ошибочных.

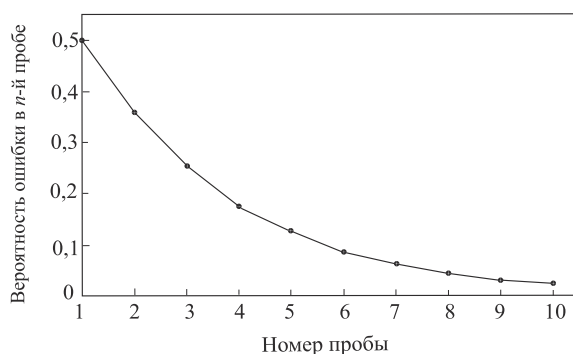


Рис. 7. Зависимость вероятности ошибки от номера пробы

$$b = \frac{c}{1-g(1-c)} \quad (4)$$

Поскольку c и g – уже известные величины, то

$$b = \frac{0,287}{1-0,5(1-0,287)} = \frac{0,287}{0,644} = 0,445.$$

Отсюда

$$\Pr(T=0) = 0,5 \cdot 0,445 = 0,222,$$

а по пробам вероятность ошибок разделилась следующим образом:

$$\Pr(T=1) = \frac{(1-b)^1 b}{1-c} = \frac{(1-0,445)0,445}{1-0,287} = \frac{0,246}{0,713} = 0,345,$$

$$\Pr(T=2) = \frac{0,555^2 \cdot 0,445}{0,713} = 0,192,$$

$$\Pr(T=3) = \frac{0,555^3 \cdot 0,445}{0,713} = 0,106,$$

$$\Pr(T=4) = \frac{0,555^4 \cdot 0,445}{0,713} = 0,059,$$

$$\Pr(T=5) = \frac{0,555^5 \cdot 0,445}{0,713} = 0,032,$$

$$\Pr(T=6) = \frac{0,555^6 \cdot 0,445}{0,713} = 0,018,$$

$$\Pr(T=7) = \frac{0,555^7 \cdot 0,445}{0,713} = 0,010.$$

По вышеприведенным расчетам была построена кривая теоретического распределения расчета ошибок, приходящаяся на одну ИСП, которая приведена на рис. 8.

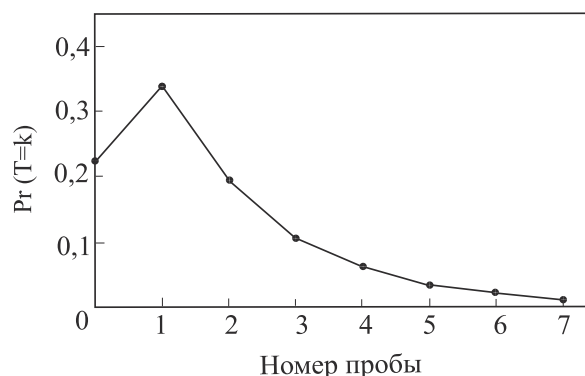


Рис. 8. Распределение числа ошибок, приходящихся на одну ИСП

Затем было найдено распределение номеров последних ошибочных проб $\Pr(L=k)$:

$$\Pr(L=k) = (1-c)^{k-1}(1-g)b, \quad (5)$$

где $k \geq 1$; L – длина ИСП, выраженная в количестве проб.

Из предыдущих вычислений известны значения $c=0,287$, $b=0,445$ и $\Pr(T=0)=0,222$, по которым была получена следующая зависимость:

$$\Pr(L=1) = (1-c)^{L-1} (1-g)b = 0,713^0 \cdot (1-0,5) \cdot 0,445 = 0,222,$$

$$\Pr(L=2) = 0,713 \cdot 0,222 = 0,158,$$

$$\Pr(L=3) = 0,713^2 \cdot 0,222 = 0,112,$$

$$\Pr(L=4) = 0,713^3 \cdot 0,222 = 0,080,$$

$$\Pr(L=5) = 0,713^4 \cdot 0,222 = 0,057,$$

$$\Pr(L=6) = 0,713^5 \cdot 0,222 = 0,040,$$

$$\Pr(L=7) = 0,713^6 \cdot 0,222 = 0,029,$$

$$\Pr(L=8) = 0,713^7 \cdot 0,222 = 0,020,$$

$$\Pr(L=9) = 0,713^8 \cdot 0,222 = 0,014,$$

$$\Pr(L=10) = 0,713^9 \cdot 0,222 = 0,010.$$

Эти расчеты позволили построить распределение вероятностей того, что в данной пробе испытуемый летчик крайний раз будет допускать ошибку при снижении по глиссаде (рис. 9).

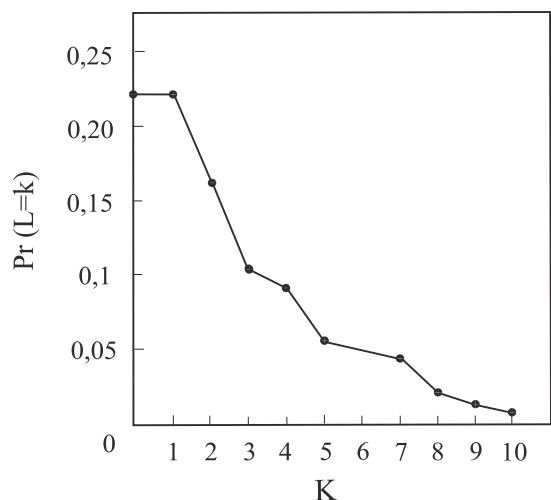


Рис.9. Распределение номеров последних ошибочных проб

Проведенные расчеты позволяют сделать вывод о том, что предлагаемая методика делает процесс подготовки летчика к полетам на ПСПВ контролируемым при постановке его в алгоритм чередования парных ассоциаций посредством изменения приборной информации. Использование математического моделирования дало возможность предсказать, что отведенных летчику курсом подготовки [5] 60 посадок достаточно при вышеизложенных условиях для самостоятельного вылета без добавления контрольных и тренировочных полетов по данному виду подготовки.

Вывод: математическая модель позволяет сделать вывод о том, что предложенный метод обучения, основанный на использовании парных ассоциаций дает возможность определить необходимое количество учебных полетов, достаточное, чтобы обеспечить безопасность посадки на ПСПВ.

Список литературы

1. Котик М.А. Краткий курс инженерной психологии. – Таплин: Валгус, 1971. – 307 с.
2. Величковский Б.М. Когнитивная наука. Основы психологии познания: в 2 т. – М.: Смысл; Издательский центр «Академия», 2006. – Т.1. – 448 с.
3. Коваленко Г.В., Муравьев И.С. Структура концептуальной модели оператора и метод формирования навыка по переработке информации при заходе на посадку с самоподбором с воздуха в ассоциативной фазе // Проблемы летной эксплуатации и безопасность полетов: межвуз. тематич. сб. науч. тр. Вып. VII / С.-Петербург. гос. ун-т гражданской авиации. – СПб., 2013. – С. 20-29.
4. Коваленко Г.В., Муравьев И.С., Васильевский А.И. О необходимости исследования методики принятия решения при полете на площадку ограниченных размеров вне аэродрома с самостоятельным подбором с воздуха. Вып. VI. – СПб.: СПб ГУГА, 2012. – С.36-42.
5. Поляков С.В., Зепир Д.Б. Полет на площадку ограниченных размеров вне аэродрома с самостоятельным подбором с воздуха: Методическое пособие. – Торжок: МО РФ. – 2007. – 78с.
6. Курс Боевой подготовки Армейской Авиации на вертолетах. – М.: Воениздат, 2012. – 386 с.
7. Аткинсон Р., Бауэр Г., Кротерс Э. Введение в математическую теорию обучения. – М.: Мир, 1969. – 485 с.

УДК 624.07

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТАРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

APPLICATION TEXTILE REINFORCED STRUCTURES IN TRANSPORT CONSTRUCTION

Ключевые слова: текстармированные конструкции, транспортное строительство, текстопалубка, тексткамень, текстдерево, текстбетон, текстметалл, текстжелезобетон, текстпластмасса.

Keywords: textile reinforced structures; transport construction; textile formwork; textile stone; textile wood; textile concrete; textile metal; textile armored concrete; textile plastic.

Аннотация

Рассматривается проблема изменения парадигмы промышленного, гражданского, транспортного строительства. Анализ применимости современных материалов в строительстве свидетельствует, что наиболее широко применяются железобетон и металл. Однако технологии их применения обладают рядом недостат-

ков. Для устранения этих недостатков предлагается использовать новую технологию текстармированных конструкций. Согласно этой технологии вместо привычных арматурных каркасов из металла или композита и металлической или деревянной опалубки предлагается использовать несъемную текстильную опалубку в виде одновременно и арматуры и опалубки. Обсуждаются пути применения текстармированных конструкций в транспортном строительстве.

Annotation

The problem of the change of paradigm of industrial, civil, transportation construction. The applicability in the construction of modern materials indicates that the most commonly used reinforced concrete and metal. However, their application technologies have several drawbacks. To address these shortcomings are encouraged to use the new technology: textile reinforced structures. According to this technology instead of conventional reinforcement cage made of metal or composite and metal or wooden formwork proposed to use non-removable textile formwork as both reinforcement and formwork. Discusses ways to use textile reinforced structures in transport construction.

Лобаев Николай Владимирович

президент Инновационной строительной
корпорации «TextStone»,
тел. +7-915-814-65-10; lobaev-textstone@mail.ru

Овчинников Игорь Георгиевич

Саратовский государственный технический
университет имени Ю.А. Гагарина,
профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры
«Транспортное строительство»,
тел. 89033280380; bridgesar@mail.ru

Окунева Екатерина Юрьевна

Генеральный директор научно-производственного
энергосберегающего предприятия
«Альтернатива-Клима-Т»,
тел. 8(4932) 939-464; com@ivalter.ru

Овчинников Илья Игоревич

Саратовский государственный технический
университет имени Ю.А. Гагарина,
доцент, канд. техн. наук, докторант кафедры
«Транспортное строительство»,
тел. 89603443236; bridgeart@mail.ru

Введение

Для удовлетворения возрастающих потребностей и увеличивающегося по численности населения Земли необходимы новые скоростные автомобильные и железнодорожные пути сообщения с необходимой сопутствующей инфраструктурой, соответствующей требованиям XXI века.

Проблема дороговизны социально-экономической инфраструктуры заключается в том, что отраслевая наука не разработала решений, обеспечивающих прорывное снижение себестоимости и понижение мировых цен на сооружения и здания, а безуспешно пытается совершенствовать материалы, конструкции и способы монтажа, уже

давно исчерпавшие потенциалы модернизации.

Обращает на себя внимание тот факт, что за счёт внедрения прорывных изобретений и технологий непрерывно повышается качество и одновременно снижаются цены на компьютеры и мобильную связь, текстильные и швейные изделия, в то же время стоимость сооружений и зданий только повышаются.

До 2013 года отсутствовали приемлемые по стоимости технологии, конструкции и материалы для строительства автомобильных и железных дорог по подвижным грунтам (пывуну, болоту, тундре, зыбучему песку и т.п.). Из-за отсутствия окупаемых конструкций дорог по подвижным грунтам было практически невозможно привлечь инвестиции в обустройство труднодоступных районов Земли, что позволило бы мировому сообществу организовать рациональное природопользование, включая огромные территории Сибири и Дальнего Востока.

В настоящее время самыми используемыми материалами в производстве конструкций являются железобетон и металл, они содержат известные комплексы технических и технологических несовершенств, являющиеся причиной дороговизны и дефицита социально-экономической инфраструктуры на планете [1-5].

Попытки снижения себестоимости объектов инфраструктуры за счёт монтажа более лёгких, но недостаточно прочных сооружений и зданий, которые разрушаются под воздействием пожаров, ураганов, землетрясений, цунами и наводнений, оборачивается человеческими трагедиями, техногенными катастрофами и финансовыми убытками.

Строительная отрасль из-за своей технологической отсталости имеет низкую инвестиционную привлекательность, потому что финансовые институты не рискуют вкладывать деньги в дорогостоящие инфраструктурные проекты с длительными сроками окупаемости и высоким уровнем финансовых рисков.

Дороговизна и, как следствие, дефицит социально-экономической инфраструктуры являются основными причинами неэффективного использования денег, природных ресурсов, человеческого капитала и рецессии, которые сдерживают динамичное развитие мировой экономики, – ежегодный прирост ВВП составляет всего лишь 2 %, что не позволяет повысить качество жизни населения и создать условия для гармоничного развития личности.

По причине несовершенства существующих изобретений, технологий, конструкций и материалов хорошее образование, собственное предприятие, комфортный дом, автомобиль, яхта или самолёт из-за их дороговизны, низкой производительности труда и заработной платы недоступны для большинства населения Земли, и в этом основная причина бедности и социальной несправедливости.

По причине несовершенства известных техно-

логий и материалов строительная отрасль не в состоянии справляться с возрастающей потребностью в транспортных путях сообщения и ростом объёмов мировой торговли:

- на пределе работает Суэцкий канал;
- средняя скорость движения товарного состава по Восточносибирской железнодорожной магистрали России из-за перегрузки снизилась до 9 км/час;
- систематические автомобильные пробки на дорогах являются закономерным явлением;
- высокая себестоимость дорог увеличивает цену зданий и прочих объектов социально-экономической инфраструктуры;
- дороговизна и дефицит дорог являются одним из основных препятствий, которое сдерживает динамичное развитие мировой экономики.

Мосты монтируются в основном из металла, железобетона, дерева, технология изготовления их конструкций и способы монтажа довольно материалоёмкие и трудоёмкие, что является причиной их дороговизны и нарастающего дефицита сухопутных транспортных путей сообщения.

На мировом рынке 30% сооружений и зданий строятся по известным технологиям из камня, кирпича, бетона, дерева, металла, пластмассы и известных композитных материалов.

Здания жилищно-гражданского назначения (жильё, гостиницы и т.д.) монтируется из кирпича или с применением каркаса, к которому крепятся профлист, гипсокартон или древесно-стружечной плита, утеплитель и отделочные материалы (минимальная цена – \$1200 за 1 м²).

1. Основные изобретения в области строительства, технологические и рыночные тренды по изготовлению конструкций и материалов

Как уже указывалось, объекты социально-экономической инфраструктуры возводятся в основном с применением железобетонных, стальных, бетонных, каменных, армокаменных и деревянных конструкций.

В последнее время получили развитие комбинированные конструкции, сочетающие железобетон, алюминиевые сплавы, пластмассу, асбоцемент, стекло, композитные и прочие материалы.

1.1. Каменные, армокаменные и бетонные конструкции [5; 6]

Первые каменные сооружения, сложенные из необработанного камня, относятся к каменному веку. Позже для монтажа конструкций стали применять тесаный камень, кирпич-сырец и обожжённый кирпич.

Конструкция дорог, содержащая песчано-щебёночную смесь, уложенную в траншею (корыто), была разработана во времена Римской империи, примерно за 2 тыс. лет до нашей эры, и не претерпела существенных изменений и в XXI веке.

Основанными материалами в конструкции автомобильных дорог являются грунт, песок, камень, цементобетонная или асфальтобетонная смесь, которые могут заменяться брусчаткой или элемен-

тами мощения из бетона. Для того, чтобы проложить 1 км автомобильной дороги федерального значения, в среднем приходится вынуть и отвезти, а затем привезти, уложить и уплотнить не менее 20000 м³ грунта, который весит 40000 т. Несущую способность и долговечность дорог можно повысить за счёт применения геотекстильных материалов и сеток, устройства железобетонных оснований, что, однако, не снижает, а повышает их себестоимость. Как правило, при проектировании автомобильных и железных дорог строители обходят территории с подвижными грунтами, что увеличивает протяжённость и стоимость дорог. В случае вынужденной прокладки дорог по подвижным грунтам отраслевая наука предлагает организовывать дорогостоящее водоотведение, монтировать эстакады, стягивать железобетонные плиты трасами или применять стыкуемые между собой щиты из стеклопластика.

Предлагаемые изобретения и технические решения, хотя и улучшают эксплуатационные характеристики, но не снижают стоимости путей сообщения. Высокая себестоимость дорог также обусловлена необходимостью строительства большого количества дорогостоящих мостов и транспортных развязок, возводимых по трудоёмким и материалоёмким технологиям с применением уже упоминавшихся материалов.

Стоимость эксплуатации существующих дорог, изготовленных из традиционных материалов и по традиционным технологиям, весьма высока, и в регионах России традиционно не хватает средств на их содержание и ремонт, в силу чего недоремонт постоянно возрастает. Содержание дорог в зимнее время оказывается весьма дорогим мероприятием, в котором участвует большое количество специальной техники, но все равно в регионах России зимой наблюдаются перебои в движении на дорогах.

1.2. Деревянные конструкции [7]

Здания, мосты и дороги из дерева являются одним из самых древних изобретений человека, которые широко применяются в строительных технологиях и в XXI веке. Для строительства домов и крепостных стен использовались рубленые деревянные конструкции (срубы). В настоящее время многослойные деревянные конструкции используются в качестве балок в зданиях и сооружениях. Проблемой деревянных конструкций является потеря теплоизоляционных свойств в условиях высокой влажности, гниение, возгораемость, высокая стоимость.

1.3. Металлические конструкции [8; 9; 10]

Индустрия по производству конструкций строительного, транспортного, энергетического, машиностроительного, текстильного, сельскохозяйственного назначения из металла оказала революционное технологическое значение в ускорении развития нашей цивилизации. С применением конструкций из металла были построены перекрытия зданий, мосты, первые небоскребы.

Металлические конструкции кораблей и самолётов пришли на смену деревянным, позволили увеличить их габаритные размеры и повысить грузоподъёмность. Металл является основным материалом, из которого производятся конструктивные элементы автомобильного и железнодорожного транспорта. Проблемой металлических конструкций является отсутствие паропроницаемости, высокая теплопроводность и звукопроницаемость, коррозия, низкая степень огнестойкости и дороговизна.

1.4. Железобетонные конструкции [11-13]

Железобетон и способы монтажа железобетонных конструкций с применением съёмной и скользящей опалубок являются самой используемой цивилизацией группой изобретений в XX – начале XXI века. Железобетонные конструкции строительного назначения потеснили металлические. На мировом рынке капитального строительства социально-экономической инфраструктуры до 70% сооружений и зданий монтируется из железобетона.

Краткая история изобретения конструкций из железобетона:

- в 1848 году Жан Луи Ламбо, адвокат по профессии, первым соорудил лодку из железобетона. Показанная в 1855 году на Парижской выставке лодка Ламбо произвела настоящую сенсацию. Новый материал Ламбо назвал ферроцементом;

- в 1849 году парижский садовник Жозеф Монье изготовил кадку для садовых растений, обмазав проволоочный каркас цементным раствором. Именно сочетание таких материалов стало называться железобетоном;

- в 1854 году штукатур из Ньюкасла Вильям Уилкинсон получил патент на конструкцию огнестойкого перекрытия, состоящего из железных полос, укладываемых на расстоянии 2 футов друг от друга и заливаемых бетоном;

- в 1855 году Франсуа Куанье получил патент на метод армирования железобетона, предложив перекрестное размещение арматуры с опиранием перекрытия на все четыре стены;

- в 1864 году Ф. Куанье во Франции построил первую церковь из железобетона;

- в 1873 году Ж. Монье получил патент на железобетонный мост;

- в 1878 году Ж. Монье был выдан патент на железобетонные балки и шпалы, а в 1880 году - объединенный патент на все заявленные им ранее конструкции. Тогда же он сделал заявки на свои изобретения в Германии и России;

- в 1879 году немецкий инженер Вайс, имевший свою строительную фирму, заинтересовался железобетоном и купил у Монье патентное право на применение его системы в Германии;

- в 1880 году Ж. Монье в России был получен патент на железобетон, а сам способ строительства из железобетона долгие годы назывался «Системой Монье»;

- в 1881 году Н.А. Белелюбский провел успешные испытания конструкций из железобетона;

- первое в России здание из монолитного железобетона было смонтировано на территории Владимирской губернии, ныне Ивановская область, в поселке Каменка;

- в течение XX века за счёт ввода в эксплуатацию сотен тысяч заводов по производству цемента, арматуры и железобетонных конструкций в структуре строительной отрасли была создана глобальная индустрия по производству и монтажу конструкций из железобетона.

В XX веке архитектор Ле Корбюзье начал широко применять в своих проектах сборный железобетон, а Оскар Нимейер выстроил из железобетона новую столицу страны – Бразилиа. С применением сборного железобетона проложен транспортный тоннель под Ла-Маншем общей протяженностью 150 километров, который соединил Англию и Францию кратчайшим путем.

Сооружения и здания из железобетона обладают высокой прочностью и живучестью. Когда в августе 2000 года в Останкино случился пожар, лопнуло 145 из 149 стальных стягивающих тросов, но Останкинская телебашня, спроектированная инженером Николаем Никитиным, устояла.

Способы монтажа железобетонных сооружений и зданий, как и сам строительный материал, имеют известный комплекс технологических и физико-механических несовершенств, являющийся причиной высокой себестоимости объектов социально-экономической инфраструктуры. Сооружения и здания из железобетона имеют большой вес, требуют устройства дорогостоящих фундаментов, проведения кровельных, гидроизоляционных, теплоизоляционных, шумоизоляционных, напольных и отделочных работ. Для того чтобы смонтировать железобетонное здание, требуется дорогостоящая грузоподъемная техника и высококвалифицированный персонал, бетон довольно долго набирает проектную прочность, что и является причиной долгостроя и дороговизны социально-экономической инфраструктуры. В последнее время появились новые разновидности бетона – фибробетон, высокопрочный бетон, сверхвысокопрочный бетон, но применение этих материалов не избавляет от дороговизны социально-экономической инфраструктуры.

Для увеличения несущей способности мостовых пролетов применяют предварительно напряженную арматуру, но эта дорогостоящая технология, как правило, применяется в способах изготовления только ответственных и крупногабаритных конструкций.

1.5. Пластмассовые конструкции [7]

К пластмассам относятся многочисленные искусственные материалы, объединенные по общему признаку, – в их основе лежит синтетический полимер, называемый связующим, смолой или просто полимером.

В состав пластмасс кроме полимера входят также наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, красители и др. Довольно широко применя-

ются древесные пластики (древесно-стружечная плита и др.), текстильные пластики (текстолит, карбон и др.) и углеводородные полимерные пластики (поливинилхлорид, полипропилен и др.). В древесных пластиках наполнителем служат продукты переработки натуральной древесины (опилки, щепа и пр.), в фиброармированных пластиках наполнителем служат базальтовые, кремнеземные, углеродные минеральные текстильные материалы и др.). Смола (связующее) защищает наполнитель от влияния внешней среды и способствует равномерному распределению усилий в композите.

В XXI веке фиброармированные пластики всё шире используются в способах монтажа пластмассовых (композитных) корпусов автомобилей, железнодорожных вагонов, кораблей, самолётов, космических кораблей и станций. Таким образом, обеспечивается снижение их веса и, следовательно, улучшение эксплуатационных характеристик.

Применение композитных пластмассовых конструкций позволило увеличить объёмы производства сооружений, зданий, корпусов транспортных средств за счёт дополнительного ресурсного обеспечения, но не снизить их себестоимость и мировые цены на объекты социально-экономической инфраструктуры. Кроме того, долговечность композитных конструкций пока еще невелика.

1.6. Пневматические конструкции [14]

Пневматические конструкции – это конструкции, представляющие собой оболочки из воздухо-непроницаемых текстильных материалов или плёнок, которые работают в сочетании с воздухом, находящимся внутри под избыточным давлением. Пневматические конструкции разделяются на два типа: пневмокаркасные и воздухоопорные. Пневмокаркасные конструкции монтируются с применением несъёмной пневмоопалубки с избыточным давлением воздуха в её воздухо-непроницаемой оболочке. Ширина пролётов пневмокаркасных сооружений может достигать 15 м. Основным достоинством пневмокаркасных конструкций является отсутствие избыточного давления воздуха в эксплуатируемом пространстве сооружения.

Воздухоопорные конструкции представляют собой оболочки, стабилизированные в проектом положении разницей давления воздуха в разделяемых оболочкой пространствах. Примером воздухоопорной конструкции является гондола дирижабля.

Недостатком пневматических конструкций является их низкая степень огнестойкости и жизнестойкости, поэтому они относятся к сооружениям временного типа.

Пневматические конструкции не обладают достаточной прочностью на сжатие и растяжение, имеют низкую степень огнестойкости и жизнестойкости, могут монтироваться только в одноуровневом варианте и эксплуатироваться как сооружения только временного типа. Необходимость не-

прерывной подкачки сжатого воздуха из воздухо-дувки в пневмоопалубку является причиной высоких эксплуатационных издержек пневматических сооружений. Достоинством пневматических конструкций является их низкая себестоимость и цена на мировом рынке, а недостатки – низкая прочность и жизнестойкость, высокие эксплуатационные расходы.

2. Анализ применяемых технических решений и их недостатков

Отсутствие прорывных изобретений и технологии по производству прочных и лёгких корпусов транспортных средств с низкой себестоимостью сдерживает развитие мировой транспортной отрасли и является причиной дороговизны автомобилей, пассажирских железнодорожных вагонов, кораблей, самолётов. В транспортной отрасли промышленности в полной стоимости автотранспорта, железнодорожных вагонов, кораблей, самолётов, которые изготавливаются по существующим технологиям из известных материалов, себестоимость корпуса транспортного средства составляет от 40 до 75%. Процесс изготовления несущего корпуса транспортного средства является наиболее трудоёмкой и дорогостоящей операцией в технологии изготовления автомобилей, железнодорожных вагонов, кораблей, дирижаблей, самолётов и других транспортных средств.

Основными конструкционными материалами, которые применяются для изготовления корпусов транспортных средств, являются металлы: сталь, алюминий, титан, различные сплавы. Наиболее широко применяется технология изготовления из металла отдельных элементов (шпангоуты, стрингера, нервюры и прочие) каркаса (фюзеляж, крылья и прочие), который затем обшивается оболочкой (обечайкой) из листового металла для создания цельнометаллического корпуса транспортного средства. С целью защиты стали от коррозии применяется оцинкование и лакокрасочные покрытия. Необходимые теплоизоляционные и шумоизоляционные свойства корпусов транспортных средств обеспечиваются применением теплоизоляционных и шумоизоляционных материалов. Декоративные качества корпусам транспортных средств придаются за счёт применения отделочных материалов: краски, лака, металла, дерева, пластмассы, кожи и др.

Совершенствование технологии по производству конструкций транспортного назначения осуществляется за счёт применения дорогостоящих автоматизированных линий по сборке цельнометаллических корпусов. С целью снижения веса корпусов транспортных средств автомобилей, кораблей, самолётов и др., для их изготовления используют карбон и стеклоткани.

Карбон изготавливается с применением текстильных технологий, нити содержат углеродные волокна, полотна текстильного материала связываются эпоксидной смолой. Стеклоткани изготавливаются с применением текстильных техноло-

гий из базальтовых и кремниевых минералов. В технологии производства стеклопластиковых корпусов транспортных средств применяется дорогостоящая разборная форма, как правило, изготавливаемая из дерева, на которой закрепляются сшитые текстильные материалы, склеиваемые эпоксидными смолами. После затвердевания стеклопластикового корпуса разборные элементы деревянной формы вынимаются через монтажные проёмы. Замена металла на стеклоткань или карбон не снижает себестоимость корпусов транспортных средств, а только улучшает их эксплуатационные характеристики за счёт снижения веса, повышения трещиностойкости, антикоррозионной стойкости и улучшения термоизоляционных характеристик.

В последнее время промышленностью все шире используется комбинированная технология изготовления монолитных корпусов транспортных средств, сочетающая металлические и пластиковые конструктивные элементы, внутренняя полость которых заполняется вспенивающимися вяжущими пластмассами (пенополиуретан и другие). Снижение веса и себестоимости корпусов малоразмерных корпусов кораблей (надувных лодок) обеспечивается применением пневматической опалубки (пнеumoопалубки), заполненной сжатым воздухом, которая изготавливается из текстильных материалов с гидроизоляционным покрытием.

3. Текстармированные конструкции и пути их применения

В 2006-2013 гг. в России под руководством Н.В. Лобаева [15;16] была разработана группа изобретений под общим названием: **«Применение несъемной текстильной опалубки (текстопалубки) в способах проектирования и монтажа уникальных сооружений, зданий, корпусов транспортных средств, космических кораблей, искусственных спутников и инопланетных станций из различных марок текстармированного композитного материала».**

Разработанная группа изобретений обеспечивает появление нового типа конструкций, а именно, текстармированных конструкций из различных марок текстармированного композитного материала. Текстармированные конструкции не содержат того комплекса технических и технологических несовершенств, который присутствует у каменных, армокаменных, бетонных, железобетонных, деревянных, металлических, пластмассовых конструкций.

Тексткамень, текстдерево, текстбетон, текстметалл, текстжелезобетон, текстпластмасса должны прийти на смену известным материалам, исчерпавшим потенциал модернизации.

Прототипом текстопалубки, предназначенной для заполнения растворами вяжущих веществ (бетоном, пластмассами и пр.) или инертными материалами (камень, песок и пр.), в процессе

монтажа текстармированных строительных конструкций капитального типа из текстбетона, текстпластмасс и тексткамня, является пнеumoопалубка, которая заполняется сжатым воздухом в процессе монтажа пнеumoконструкционных сооружений временного типа. Изобретение текстопалубки позволило разработать инновационную технологию TextStone, позволяющую в 3 раза повысить эффективность инвестиций в капитальное строительство социально-экономической инфраструктуры нового поколения с применением текстармированных сооружений и зданий за счёт снижения их себестоимости, повышения качества, сокращения сроков монтажа, минимизации эксплуатационных расходов по сравнению с известными строительными конструкциями из дерева, камня, бетона, железобетона, металлов и пластмасс. Несъемной опалубке, применяемой в способе монтажа уникальных конструкций строительного и транспортного назначения из различных марок текстармированного композитного материала, изобретатель присвоил идентификационное название «оставляемая текстопалубка», далее по тексту – «текстопалубка».

Применения высокопроизводительного текстильного и швейного оборудования в технологии производства оболочки текстопалубки и новаторские способы монтажа уникальных сооружений и зданий до прорывного уровня повышают производительность труда и заработную плату, индекс доходности и инвестиционную привлекательность инновационной индустрии, которая будет специализироваться на производстве текстармированных конструкций.

Текстопалубка может быть применена в способах монтажа уникальных дорог, мостов, зданий и других объектов социально-экономической инфраструктуры, что позволит строительным фирмам отказаться от морально устаревших технологий монтажа конструкций и материалов. Текстармированным сооружениям и зданиям не страшны пожары, землетрясения, наводнения, ураганный ветер, снеговые нагрузки, морозы и суточные перепады температуры, что обеспечивает повышение уровня безопасности проживания людей и снижает стоимость страховки недвижимости. Рассматриваемая группа изобретений подтверждает мнение отраслевых специалистов, что совершенствование строительных конструкций и материалов пойдёт по пути совершенствования несъемной опалубки, а также конструкций транспортного назначения.

4. Применение текстопалубки в транспортном строительстве

Текстопалубка транспортного назначения обладает универсальными свойствами и может применяться для монтажа текстармированных автомобильных дорог, взлётно-посадочных полос, при обустройстве устройстве площадей, парков и прочих.

Текстопалубка содержит механизмы для проч-

На рис.1 приведена фотография макета текстопалубки транспортного назначения.



Оболочка текстопалубки изготавливается из несъёмных опалубочных текстильных материалов (НОТМ).

Оболочка текстопалубки содержит пазы или рукава на основаниях (поз. 1.1.^и и поз. 1.1.^и), в которые установлены люверсы. По периметру оболочки текстопалубки находятся текстильные выпуски (поз. 1.4.^и и поз. 1.4.^и) с люверсами и фартуками (поз. 1.3.^и и поз. 1.3.^и). В оболочки двух частей текстопалубки устанавливается арматура, которая крепится к пазам на основаниях.

На рис.3 приведено высокопроизводительное текстильное оборудование, которое рекомендуется применять для изготовления несъёмных опалубочных текстильных материалов (НОТМ), из которых сшиваются или свариваются оболочки текстопалубок.



Текстопалубка состоит из двух частей: т.е. нижней (поз. 1') и верхней (поз. 1''), которые содержат оболочку с арматурой и фитингами (гайки с шайбами, тройники, шланги и прочее). Две части текстопалубки могут соединяться пятью различными способами в процессе монтажа текстармированных строительных конструкций, в зависимости от их назначения. В данном случае две части текстопалубки собраны в двух уровнях с разнонаправленными ребрами жесткости.

170

логий и оборудования для изготовления оболочек текстопалубок обеспечивает снижение себестоимости, рост производительности труда в уникальной индустрии, которая будет специализироваться на изготовлении и монтаже текстармированных сооружений. Производительность современных основовязальных текстильных машин составляет 300 п.м. в час многослойных мультиаксиальных несъемных опалубочных текстильных материалов (НОТМ) с шириной до 3 м.

Многослойные мультиаксиальные несъемные опалубочные текстильные материалы (НОТМ) с многофункциональными свойствами, из которых изготавливаются оболочки текстопалубок, выполняющие функции армирующей оболочки текстобетона, обладают очевидными технико-экономическими преимуществами в сравнении с традиционными строительными материалами.

На рис. 4 приведены примеры конструктивных элементов из металлов и неметаллов, которые могут использоваться в качестве арматуры текстопалубок.

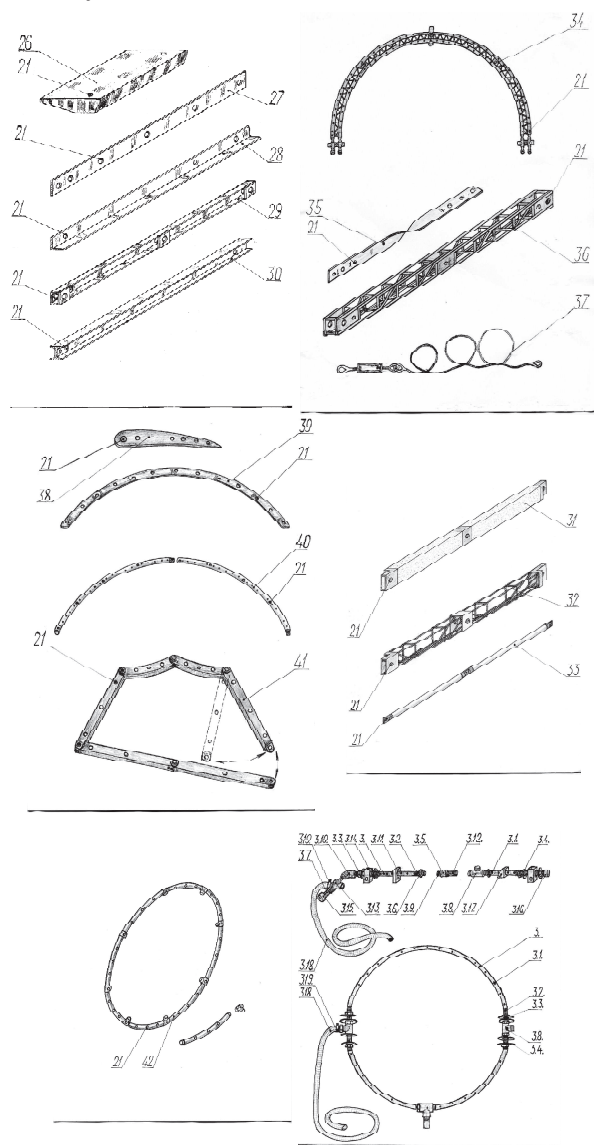


Рис.4. Примеры конструктивных элементов из металлов и неметаллов

Арматуру текстопалубок следует изготавливать из жестких, упругих и долговечных материалов. Конструкция текстопалубки обладает универсальностью, позволяющей устанавливать в закрытые или открытые пазы оболочки разнообразные стандартные и нестандартные изделия из металлов или неметаллов, прямолинейной или изогнутой формы.

Арматуру текстопалубок следует разделять на ребра жесткости, которые устанавливаются в пазы оболочки, и дополнительную арматуру с фитингами, которая устанавливается в монтажные отверстия пазов оболочки с ребрами жесткости. Способ установки ребер жесткости в мягкую текстильную оболочку текстопалубки и дополнительной арматуры в монтажные отверстия обладает простотой и надёжностью, не требует применения электросварки и высокой квалификации от персонала. При использовании пустотелой арматуры в ней следует высверливать форсунки, подключать шланги и использовать в качестве трубопроводной системы для закачки и равномерного распределения раствора вяжущего вещества по объёму текстопалубки.

Список литературы

1. Новые материалы / Коллектив авторов / Под науч. ред. Ю.С. Карабасова. – М.: МИСИС, 2002. – 736 с.
2. Зацаринный В.П., Акопов А.И. Атланты держат небо. – М.: Знание, 1979. – 176 с.
3. Оксанович Л.В. Невидимый конфликт. – М.: Стройиздат, 1981. – 191 с.
4. Гордон Д. Конструкции, или почему не ломаются вещи. – М.: Мир, 1980.
5. Лопатто А.Э. Пролеты, материалы, конструкции. – М.: Стройиздат, 1982. – 195 с.
6. Вахненко П.Ф. Каменные и армокаменные конструкции. – Киев: Будивэльник, 1990. – 184 с.
7. Ветрюк И.М. Конструкции из дерева и пластмасс. – Минск: Вышэйшая школа, 1968. – 248 с.
8. Беленя Е.И., Стрелецкий Н.Н., Ведеников Г.С. и др. Металлические конструкции. Спецкурс: Учебное пособие для вузов / Под ред. Е. И. Беленя. – 3-е изд. – М.: Стройиздат, 1991. – 687 с.
9. Металлические конструкции / Под ред. Н.П. Мельникова. – М.: Стройиздат, 1980. – 776 с.
10. Гибшман М.Е., Попов В.И. Проектирование транспортных сооружений: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1988. – 447 с.
11. Лопатто А. Артур Фердинандович Полейт. К истории отечественного железобетона. – М.: Стройиздат, 1969. – 104 с.
12. Фоломеев А.А. Оценка эффективности бетона и железобетона по энергозатратам // Бетон и железобетон. – 1982. – №1.
13. Железобетонные конструкции. Основы теории, расчета и конструирования: Учебное пособие / Под ред. проф. Т.М. Пецольда и проф. В.В. Тура. – Брест: БГТУ. 2003. 380 с.
14. Отто Ф., Тростель Р., Пневматические строительные конструкции / Пер. с нем. – М., 1967.
15. Пат. 2323308 Российская Федерация. Несъемная строительная опалубка / патентообладатели Лобаев Е.Н., Пеплина О.Г., Лобаев Н.В., Ибрагимов А.Н., Шахматов В.М., Зимин Н.А., Сивоконь В.А. Заявл. 24.07.2006; зарегистр. 27.04.2008.
15. Пат. 2380497 Российская Федерация. Несъемная строительная опалубка / Лобаев Н.В., Шахматов В.М., Колобов В.В.; патентообладатель Лобаев Николай Владимирович. Заявл. 11.08.2008; зарегистр. 27.01.2010.

ЗАМЕНА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ УГЛЯ

REPLACEMENT OF THE ROLLING STOCK AS A WAY TO INCREASE THE EFFICIENCY OF COAL TRANSPORTATION

Ключевые слова: самосвал, износ, коэффициент выпуска на линию, грузоподъемность, замена.

Keywords: dump truck, wear, the graduation rate per line, capacity, replacement.

Аннотация

Дана оценка состоянию парка подвижного состава автохозяйства разрезу управления «Лучегорское» в Приморском крае. Износ парка приводит к снижению объемов перевозок и простоям автомобилей в ремонте. Приведено обоснование эффективности замены автомобилей-самосвалов на новые автомобили увеличенной грузоподъемности.

Annotation

The estimation of the condition of the rolling stock fleet of razrezoupravlenie "Luchegorsk" in Primorye. Wear Park leads to the decrease in transportation volumes and idle time of cars to be repaired. The substantiation of the effectiveness replacement car-haulers on new cars with increased load capacity.

Поготовкина Наталья Сергеевна

*Дальневосточный федеральный университет,
доцент кафедры транспортных машин и
транспортно-технологических процессов
(ТМТТП),
nata_369@mail.ru*

Мялковский Богдан Игоревич

*Дальневосточный федеральный университет,
студент*

Транспорт объединяет общественное производство в единое целое, превращая его в огромный конвейер, начинающийся в сырьевых отраслях и заканчивающийся в сфере распределения и потребления. Автомобильный транспорт занимает одно из ведущих мест в единой транспортной системе России.

В настоящее время одной из главных проблем автотранспортной отрасли являются высокие затраты на транспортировку сырья и готовой продукции. Связано это прежде всего с высокими ценами на топливо, шины и запасные части, а также затратами на заработную плату. Кроме того,

износ транспортных средств влечет за собой увеличение затрат на техническое обслуживание и ремонт. В результате грузоотправители предпочитают пользоваться более дешевыми и менее качественными услугами индивидуальных, а иногда и нелегальных перевозчиков, а не автотранспортных предприятий.

Но когда речь идет о добывающих отраслях, чаще всего на предприятиях создаются автотранспортные подразделения, которые и обеспечивают перевозку грузов на отвалы, склады, железнодорожные станции или потребителям. В этих условиях используется специализированный транспорт, а конкуренция, как правило, отсутствует. Поэтому вопрос затрат на перевозки стоит еще более остро.

В Приморском крае насчитывается целый ряд крупных и уникальных месторождений разнообразных полезных ископаемых, на базе которых создана и функционирует самая мощная на Дальнем Востоке горнодобывающая промышленность. Одним из крупнейших месторождений угля является Бикинское. В 1973 году для добычи угля на Бикинском угольном разрезе основано разрезу управление (РУ) «Лучегорское». В 1997 г. предприятие вошло в состав закрытого акционерного общества «Лучегорский топливно-энергетический комплекс» (ЗАО «ЛУТЭК») – уникального и единственного в России до настоящего времени энергогенерирующего предприятия, полностью находящегося на самообеспечении твердым топливом. Сегодня ЗАО «ЛУТЭК», управляемый Дальневосточной энергетической компанией (ДЭК), – мощное предприятие, включающее угледобывающее и генерирующее производство.

Автотранспортное хозяйство (АТХ) разрезу управления «Лучегорское» является структурным подразделением ЗАО «ЛУТЭК» и участвует в технологическом процессе по перевозке угля, который необходим для бесперебойной работы Приморской ГРЭС.

В настоящее время для перевозки угля РУ «Лучегорское» применяются автосамосвалы белорусского производства БелАЗ грузоподъемностью от 30 до 130 тонн. Парк автохозяйства насчитывает:

- 30 автомобилей БелАЗ-75404 грузоподъемностью 30 тонн;
- 21 автомобиль БелАЗ-7548 «А» грузоподъемностью 42 тонны;
- 10 автомобилей БелАЗ-7547 грузоподъемностью 45 тонн;
- 10 автомобилей БелАЗ-7555 грузоподъемностью 55 тонн;
- 4 автомобиля БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130 тонн.

Наиболее изношенными являются автомобили БелАЗ-75404 грузоподъемностью 30 тонн. В результате из года в год сокращаются объемы перевозок этими автомобилями, увеличиваются простои и затраты на техническое обслуживание и ремонт (рис. 1).

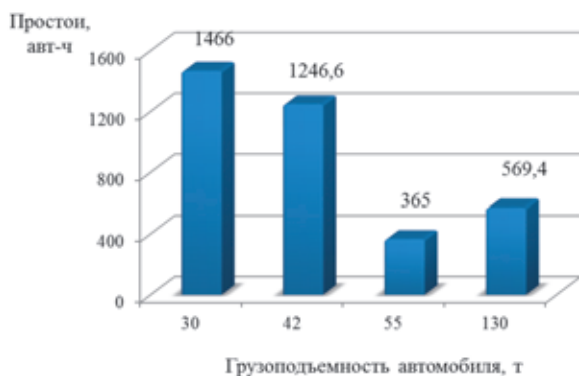


Рис. 1. Общие простои автомобилей по аварийным причинам

В условиях РУ «Лучегорское» БелАЗы-75404 имеют самые низкие эксплуатационные и технико-экономические показатели.

Так, в 2013 году коэффициент выпуска на линию составил:

- для БелАЗов грузоподъемностью 42-45 тонн – 0,44;
- для БелАЗов грузоподъемностью 55 тонн – 0,9;
- для БелАЗов грузоподъемностью 130 тонн – 0,61;
- для БелАЗов грузоподъемностью 30 тонн – 0,36.

При этом затраты на топливо и ремонт в расчете на 1 тонну перевезенного груза при эксплуатации 30-тонных БелАЗов значительно превышают те же показатели, полученные при эксплуатации БелАЗов большей грузоподъемности.

В связи с этим руководством АТХ РУ «Лучегорское» был разработан план организационно-технических мероприятий, который предусматривает замену части 30-тонных БелАЗов по мере износа и списания на самосвалы большей грузоподъемности, а именно – на автомобили БелАЗ-7555 грузоподъемностью 55 тонн. Такая замена позволит сократить простои и снизить затраты на техническое обслуживание и ремонт, повысить производительность подвижного состава и эффективность перевозок.

Чтобы определить целесообразность мероприятий, были произведены расчеты затрат на выполнение одного и того же объема перевозок двумя моделями самосвалов - БелАЗ-75404 грузоподъемностью 30 тонн и БелАЗ-7555 грузоподъемностью 55 тонн. В качестве расчетного был принят объем перевозок автомобилями БелАЗ-75404 за 2013 год.

Расчеты показали, что с учетом технического состояния и грузоподъемности транспортных средств для выполнения заданного объема перевозок потребуется 4 автомобиля БелАЗ-75404 и 17 автомобилей БелАЗ-7555. Затраты на обеспечение годового объема перевозок автомобилями БелАЗ-7555 сокращаются почти в полтора раза. Следовательно, замена подвижного состава целесообразна. А стабильное финансирование

и возможность развития, которое обеспечивают ЗАО «ЛУТЭК» и Дальневосточная энергетическая компания, позволяют осуществлять программы по техническому перевооружению предприятия, обновлению автомобильного парка.

УДК 629. 3.027.5

ЕЩЁ РАЗ О РАДИУСАХ ЭЛАСТИЧНОГО КОЛЕСА

ONCE AGAIN ON THE RADII OF THE ELASTIC WHEEL

Ключевые слова: эластичное колесо, динамический радиус, радиус качения, закон сохранения энергии.

Keywords: elastic wheel, loaded radius, effective rolling radius, law of energy conservation.

Аннотация

Динамический радиус и радиус качения высокоэластичных шин существенно различаются. Однако современная теория качения не даёт ответа на вопрос, какой из радиусов следует применять при расчётах. Проверка теории качения на соответствие закону сохранения энергии показала следующее. Применение радиуса качения является корректным, а применение динамического радиуса некорректным. Это является доказательством его ошибочности.

Annotation

The loaded radius and effective rolling radius of the high-elastic tires are significantly different. However, the modern theory of rolling does not give an unambiguous answer to the question which of the radiuses should be used in the calculations. Verification of the theory of rolling concerning its conformity to the energy conservation law has shown the following. The application of the effective rolling radius is correct and the use of the loaded radius is incorrect. This is proof of its falsity.

Пожидаев Сергей Петрович

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
ст. научный сотрудник, канд. техн. наук, доцент
кафедры автотракторного, сельско- и
лесохозяйственного машиностроения,
тел. (+38050) 246-40-65; spozhy2@mail.ru*

Особенностью высокоэластичных шин низкого и сверхнизкого давления является их значительная нормальная деформация и, как следствие, возможность существенного различия между значениями динамического радиуса r_d (расстояния от опорной поверхности до оси колеса) и радиуса качения r_k , рассматриваемого без учёта буксования или проскальзывания [1]:

$$r_k = \frac{v_T}{\omega} \equiv \frac{L_T}{\alpha}, \quad (1)$$

где V_T – продольная составляющая поступательной скорости движения без учёта буксования или скольжения;

ω – угловая скорость вращения колеса в плоскости его вращения;

L_T – продольная составляющая теоретического пути, пройденного колесом;

α – угол поворота колеса в плоскости его вращения.

Однако современная теория качения эластичного колеса не даёт однозначного ответа на вопрос о том, какой радиус следует применять при расчёте силовых показателей работы колеса.

Составители стандарта [1], авторы учебников [2; 3] для установления взаимосвязи между приложенными к колесу крутящим моментом M_k и силой тяги колеса P_T применяют радиус качения r_k , рассматриваемый без учета скольжения или буксования.

А представители другой научной школы [4; 5] для тех же целей применяют динамический радиус колеса r_d .

В работах [6; 7] с опорой на результаты экспериментальных исследований и ряд умозаключений утверждается неправомочность применения динамического радиуса. Однако существует возможность еще более простого и, следовательно, более убедительного доказательства справедливости упомянутого выше вывода, причем применительно к более общему случаю движения – с учетом возможного буксования колеса.

Целью исследования является уточнение теории качения эластичного колеса с учетом возможного его буксования. **Объектом исследования** является процесс качения колеса с буксованием. **Метод исследования** – проверка расчётных соотношений теории качения на соответствие закону сохранения энергии.

Исследование №1. Предположим, что противоречие является следствием различных методических подходов каждой из научных школ. Авторы работ [4; 5] рассматривают силовое равновесие колеса и изначально вводят в схему сил именно динамический радиус, который и перемещается в окончательный результат. Авторы работ [2; 3] рассматривают баланс мощности колеса, при составлении которого опираются на радиус качения, который в конечном счёте и перемещается в окончательный результат.

В этом случае представляет интерес поиск взаимосвязи между величинами M_k и P_T способом,

который изначально не опирается ни на какой из радиусов колеса.

Он должен привести к некоторому показателю взаимосвязи, который, возможно, будет представлять собой один из конкурирующих радиусов, что подтвердит правомочность применения этого и неправомочность применения другого радиуса. И такой методический подход возможен – это составление баланса энергий и работ, выполняемых равномерно движущимся колесом (рис. 1).

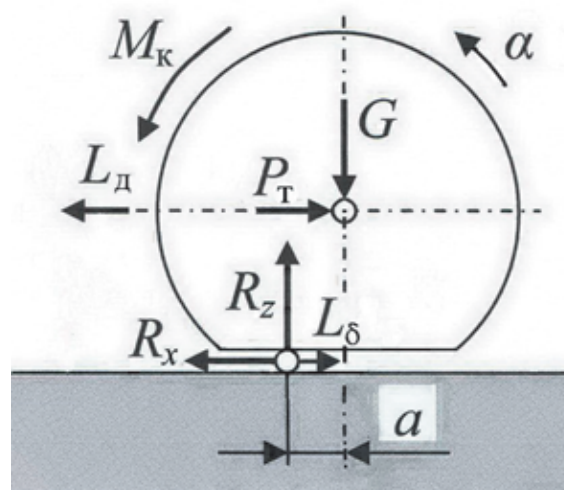


Рис. 1. К составлению уравнения баланса энергий и работ

Подвод энергии осуществляется крутящим моментом M_k , поворачивающим колесо в плоскости его вращения на некоторый угол α . Значение этой энергии (работы) равно $M_k \alpha$. Упомянутый поворот колеса сопровождается, по крайней мере, одним из двух таких явлений:

- некоторым действительным поступательным перемещением колеса L_d ;

- некоторым пробуксовыванием колеса L_δ , которое представляет собой поступательное перемещение протектора шины относительно опорной поверхности в направлении, противоположном теоретической скорости движения.

На пути действительного перемещения L_d колесо выполняет полезную работу $L_d P_T$.

На пути буксования L_δ рассеивается энергия $L_\delta R_x$, где R_x – продольная реакция дороги. Данная реакция численно равна силе тяги колеса P_T , вследствие чего рассеиваемая энергия может быть записана в виде $L_\delta P_T$.

В процессе преодоления момента сопротивления перекачиванию $R_z a$ колесо выполняет работу $R_z a \alpha$.

Таким образом, баланс энергий и работ, выполняемых колесом, имеет вид:

$$M_k \alpha = P_T (L_d + L_\delta) + R_z a \alpha.$$

Однако сумма величин L_d и L_δ представляет собой теоретический путь поступательного перемещения колеса L_T , вследствие чего баланс энергий и работ принимает вид:

$$M_k \alpha = P_T L_T + R_z a \alpha. \quad (2)$$

Из баланса (2) следует соотношение

$$M_k = P_T \frac{L_T}{\alpha} + R_z a, \quad (3)$$

свидетельствующее о том, что показателем взаимосвязи между крутящим моментом колеса M_k и его силой тяги P_T является некоторая величина $\frac{L_T}{\alpha}$. Согласно определению (1) эта величина представляет собой радиус качения колеса Γ_k , но не динамический радиус Γ_d . Т.е. получено, что динамический радиус Γ_d не является

показателем упомянутой взаимосвязи, что свидетельствует о некорректности его применения.

Исследование №2. Равенство (3) вытекает из баланса энергий и работ, подчинённого закону сохранения энергии; а альтернативное равенство (содержащее динамический радиус) противоречит равенству (3), т.е. противоречит закону сохранения энергии. Одного этого факта достаточно для признания некорректности применения динамического радиуса [8, с. 63].

Исследование №3 заключается в численной проверке баланса (2) на предмет того, действительно ли он, как утверждается в предыдущем пункте, не соблюдается в случае применения динамического радиуса. Предположим, что имеем колесо со следующими параметрами и показателями нагружения: радиус качения $\Gamma_k = 1,0$ м,

динамический радиус Γ_d может быть любым, не равным радиусу качения, мы примем его равным 0,8 м, крутящий момент $M_k = 10$ Н·м, угол поворота колеса в плоскости вращения $\alpha = 1,0$ рад, нормальная реакция дороги $R_z = 20$ Н, продольный снос нормальной реакции $a = 0,1$ м.

В соответствии с (1) значение теоретического пути $L_T = \Gamma_k \alpha = 1,0$ м, а в соответствии с применяемым в работах [4; 5] соотношением

$M_k = P_T \Gamma_d + R_z a$ значение силы тяги колеса

P_T равно $(M_k - R_z a) / \Gamma_d = (10 - 20 \cdot 0,1) / 0,8 = 10,0$ Н.

Подстановкой всех полученных значений в баланс (2) получаем:

- левая часть баланса (энергия, подведенная к колесу) равна 10,0 Дж;

- правая часть (работа, выполненная колесом) – 12 Дж.

Баланс не соблюдается: получено, что колесо, расчёт которого производится с применением динамического радиуса, меньшего, чем радиус качения, представляет собой источник даровой энергии (вечный двигатель), что, как известно, невозможно. Если же принять, что динамический радиус является большим, чем радиус качения, то будет получено, что колесо представляет собой «чёрную дыру», в которой энергия бесследно исчезает.

Соблюдение баланса (2) обеспечивается только в одном-единственном случае: когда сила тяги колеса P_k равна 8,0 Н, что достигается при вы-

числении её с применением радиуса качения Γ_k .

Возможно ещё одно исследование, самое элементарное, опирающееся на «золотое правило» механики. Авторы работ [4; 5] полагают следующее:

а) показателем взаимосвязи между крутящим моментом колеса M_k и его силой тяги P_T является динамический радиус колеса Γ_d ;

б) показателем взаимосвязи между угловой скоростью вращения колеса ω и продольной составляющей его теоретической поступательной скорости V_T является радиус качения Γ_k .

Это означает, что в процессе изменения значений радиусов колеса (неизбежных при изменении нормальной нагрузки) сила тяги P_T изменяется по закону, определяемому законом изменения динамического радиуса Γ_d , а поступательная скорость V_T – по закону изменения радиуса качения Γ_k .

Однако это противоречит «золотому правилу» механики, которое является следствием из закона сохранения энергии и гласит: во сколько раз

мы проигрываем в скорости, во **столько же раз** выигрываем в силе. В соответствии с этим правилом в качестве показателя взаимосвязи в обоих пунктах должен применяться **один и тот же радиус**, но это требование, как видим, не соблюдается.

Для выяснения того, какой же радиус должен применяться в пунктах а) и б), учтём, что пункт б) является прямым следствием из определения радиуса качения (1), что означает его истинность.

Отсюда необходимо следует вывод о том, что в соответствии с «золотым правилом» механики показателем взаимосвязи между крутящим моментом колеса M_k и его силой тяги P_t должен быть тот же радиус, что и в пункте б), т.е. радиус качения колеса r_k . Динамический радиус колеса

r_d в соответствии с «золотым правилом» механики не может быть показателем упомянутой взаимосвязи, вследствие чего его применение следует полагать некорректным.

Выводы. Применение динамического радиуса в теории качения эластичного колеса противоречит закону сохранения энергии и следствиям из него, поэтому однозначно должно быть признано некорректным.

Научная школа теории качения, опирающаяся на радиус качения колеса r_k и представленная в работах [2; 3], безупречна с точки зрения закона сохранения энергии. Научная школа [4; 5], опирающаяся на динамический радиус r_d , таковой не является.

Причиной, которая привела авторов работ [4; 5] к ложному выводу о возможности применения динамического радиуса колеса, является игнорирование ими того факта, что в этом случае колесо должно рассматриваться в виде двух шарнирно соединённых между собой твёрдых тел – диска и рычага, угловая скорость вращения которого несколько превышает угловую скорость диска (см. работу [7]).

При расчётах колёсных движителей, у которых динамический радиус несущественно отличается от радиуса качения, можно применять как динамический, так и радиус качения. Однако при расчётах движителей, у которых упомянутые радиусы существенно различаются, применение динамического радиуса будет приводить к существенным ошибкам конечного результата.

Список используемых источников:

1. ГОСТ 17697-72. Автомобили. Качение колеса. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 24 с.
2. Смирнов Г.А. Теория движения колёсных машин. – М.: Машиностроение, 1981. – 271 с.
3. Гришкевич А.И. Автомобили. Теория. – Минск: Высшая школа, 1986. – 208 с.
4. Гуськов В.В., Велев Н.Н., Атаманов Ю.Е. и др. Тракторы. Теория / Под ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
5. Кутыков Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и тех-

нологические свойства. – М.: КолосС, 2004. – 504 с.

6. Шабаров А.А. Отдельные вопросы процесса равномерного качения ведущего пневматического колеса // Труды НАТИ. – 1971. – Вып. 212. – С. 3-30.

7. Пожидаев С.П. Об одной задаче теории качения эластичного колеса // Инновации и исследования в транспортном комплексе: Материалы первой международной научно-практической конференции. – Курган, 2013. – С. 116-119.

8. Иродов И.Е. Основные законы механики. – М.: Высшая школа, 1978. – 240 с.

УДК 629.114.4.1.055.2

АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ УДЕЛЬНОЙ МАССОЙ И ДИНАМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ АВТОМОБИЛЕЙ

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SPECIFIC GRAVITY AND THE CAR'S DRIVING CHARACTERISTICS

Ключевые слова: удельная масса автомобиля, время разгона, заданная скорость движения, максимальная скорость.

Keywords: specific gravity of the vehicle, acceleration time given speed, high speed.

Аннотация

Проведен статистический анализ взаимосвязи времени разгона ряда современных автомобилей (до достижения заданной скорости) с их удельной массой и максимальной скоростью движения. Установлена высокая степень корреляции между этими величинами, получены линейные уравнения регрессии.

Annotation

A statistical analysis of the relationship acceleration time series of modern cars (until the set speed) with their specific weight and maximum speed. A high degree of correlation between the values obtained linear regression equation.

Пожидаев Сергей Петрович

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
ст. научный сотрудник, канд. техн. наук, доцент
кафедры автотракторного, сельско- и
лесохозяйственного машиностроения,
тел. (+38050) 246-40-65; spozhy2@mail.ru

Динамические свойства автомобиля играют решающую роль при его разгонах после трогания с места, при обгонах и т.п. В качестве основной характеристики таких его свойств рассматривается время t разгона до некоторой заданной скорости движения, которое определяется экспериментальным путем. Точное и оперативное определение данного показателя теоретическим путем

затруднительно по ряду объективных обстоятельств.

Однако в работе [1] показано, что доминирующее влияние на динамические свойства автомобилей оказывает только его удельная масса m' , представляющая собой отношение массы автомобиля к номинальной мощности его двигателя. Благодаря этому для теоретической экспресс-оценки времени разгона автомобиля до любой заданной скорости движения нужно иметь информацию только о его удельной массе и значениях некоторых коэффициентов, характеризующих статистическую взаимосвязь между величинами m' и t у автомобилей, подобных исследуемому.

Целью работы является установление степени статистической взаимосвязи времени разгона современных автомобилей с их удельной массой и максимальной скоростью движения, которая также характеризует динамические свойства автомобилей.

Методы исследований – корреляционный и регрессионный анализ [2]. Для каждого набора данных m' и t вычислялся коэффициент линейной корреляции r , проверялась его статистическая значимость и строились аппроксимирующие уравнения двух видов:

- предельно простое уравнение прямо пропорциональной зависимости $t = (b \pm s)m'$, где b – коэффициент пропорциональности, а S – его среднее квадратическое отклонение;
- более сложное уравнение линейной зависимости вида $t = a + bm'$. Для него рассчитывался также 95% коридор доверия.

В качестве меры неточности аппроксимирующих уравнений применялись два отдельных показателя: максимальное значение Δt_{\max} погрешности воспроизведения отдельных экспериментальных значений, наблюдающееся в данном наборе данных, и остаточная дисперсия $D_{\text{ост}}$ последних относительно линии математического ожидания выходного параметра.

При анализе грузовых автомобилей в расчёт принималась их полная масса, при анализе легковых – масса в снаряженном состоянии.

На рис. 1 приведены графики взаимосвязи удельной массы m' и времени t разгона до скорости 60 км/час автомобилей и автопоездов КамАЗ, значения которых (m' и t) заимствованы из работы [1]. Коэффициент корреляции r упомянутых показателей очень высок (0,987) и является статистически значимым.

Аппроксимация данных прямо пропорциональной зависимостью приводит к уравнению $t = (0,326 \pm 0,029)m'$, обеспечивающему погрешность отдельных значений Δt_{\max} не более 6,4 с (10 %) (рис. 1 а). Остаточная дисперсия экспериментальных данных при этом равна 11,5 с².

Аппроксимация линейной зависимостью приводит к уравнению $t = -9,1 + 0,387m'$, имеющему погрешность отдельных значений Δt_{\max} до 5,2 с (8,4 %) и остаточную дисперсию экспериментальных данных 5,9 с² (рис. 1 б).

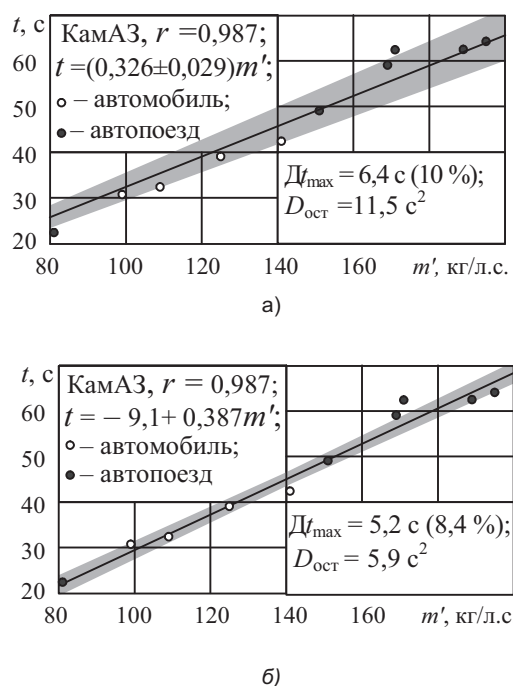


Рис. 1. Время разгона t до скорости 60 км/час и удельная масса m' автомобилей и автопоездов КамАЗ

На рис. 2 приведены графики взаимосвязи удельной снаряженной массы m' первых семи (из 14 приведенных в работе [3]) моделей автомобилей Audi A1 и времени t их разгона до скорости 100 км/час. Коэффициент корреляции упомянутых величин равен 0,993.

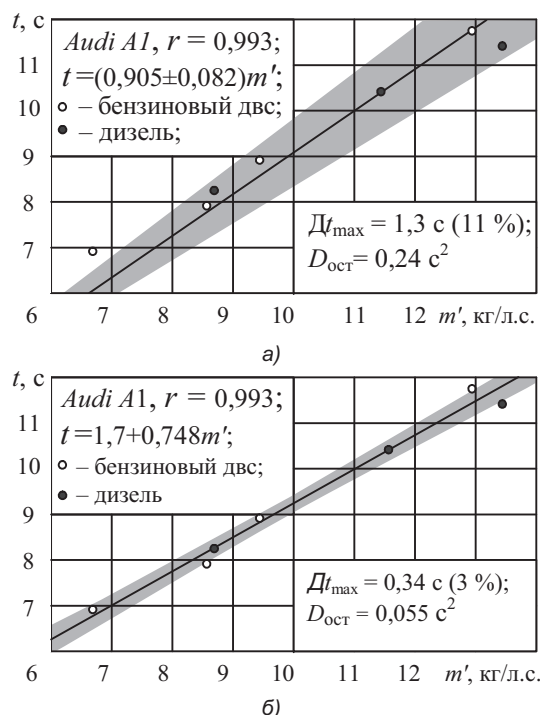
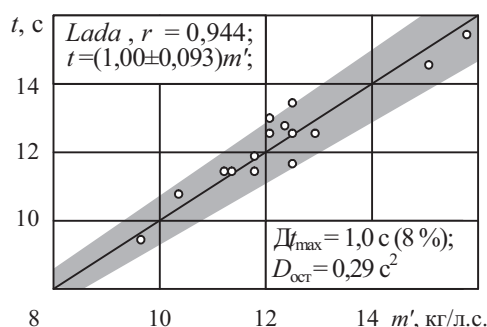


Рис. 2. Время разгона до 100 км/час и удельная масса автомобилей Audi A1

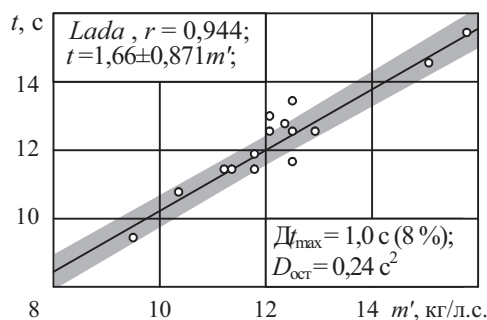
Аппроксимация данных прямо пропорциональной зависимостью обеспечивает погрешность отдельных значений не более 1,3 с (11%) при остаточной дисперсии экспериментальных данных $0,24 \text{ с}^2$ (рис. 2 а).

Аппроксимация линейной зависимостью обеспечивает погрешность до 0,34 с (3%) при остаточной дисперсии экспериментальных данных $0,055 \text{ с}^2$ (рис. 2 б). Из рис. 2 также следует вывод о незначительном влиянии типа двигателя (бензиновый или дизель) на динамику разгона автомобилей данной марки.

На рис. 3 приведены графики взаимосвязи удельной снаряженной массы и времени t разгона до скорости 100 км/час 15 моделей автомобилей Lada (в расчет не приняты автомобили с автоматической коробкой передач, полноприводные, универсалы, фургон и электромобиль) [3]. Коэффициент корреляции упомянутых величин равен 0,944.



а)



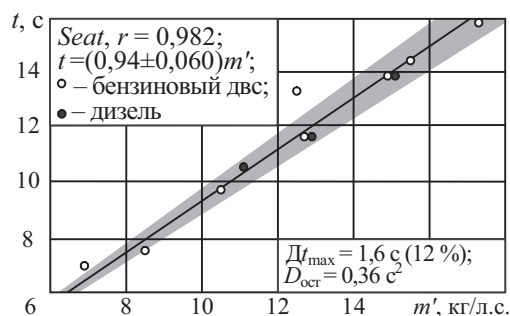
б)

Рис. 3. Время разгона до 100 км/час и удельная масса автомобилей Lada

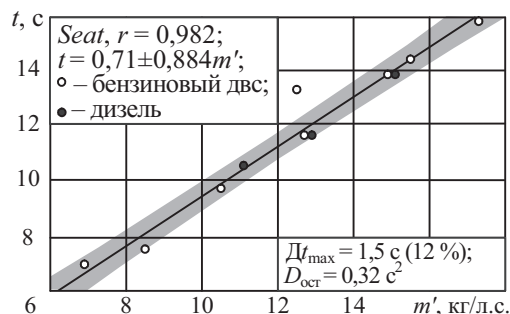
Аппроксимация прямо пропорциональной зависимостью обеспечивает погрешность отдельных значений не более 1,0 с (8%) при остаточной дисперсии экспериментальных данных $0,29 \text{ с}^2$ (рис. 3 а).

Аппроксимация линейной зависимостью дает такую же предельную погрешность, но остаточная дисперсия уменьшается до $0,24 \text{ с}^2$ (рис. 3 б).

На рис. 4 приведены графики взаимосвязи удельной массы m' и времени t разгона до скорости 100 км/час одиннадцати моделей автомобилей Seat [3]. Коэффициент корреляции упомянутых величин равен 0,982.



а)



б)

Рис. 4. Время разгона до 100 км/час и удельная масса автомобилей Seat

Аппроксимация прямо пропорциональной зависимостью обеспечивает погрешность не более 1,6 с (12%) при остаточной дисперсии экспериментальных данных $0,36 \text{ с}^2$ (рис. 4 а).

Аппроксимация линейной зависимостью обеспечивает погрешность не более 1,5 с (12%), остаточная дисперсия при этом уменьшается до $0,32 \text{ с}^2$ (рис. 4 б). Из рис. 4 также следует вывод об отсутствии существенного влияния типа двигателя на динамику разгона автомобилей данной марки.

На рис. 5 приведен график взаимосвязи удельной снаряженной массы m' и времени t разгона до скорости 100 км/час девятию одной модели автомобилей различных марок (Alfa Romeo, Audi A1, Audi A7, BMW X1, BMW X6, Jeep, Lada, Lada 4x4, Seat, VW Tiguan, точками на рисунке обозначены не все марки автомобилей).

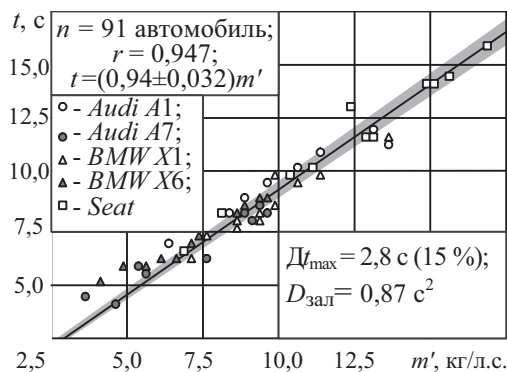


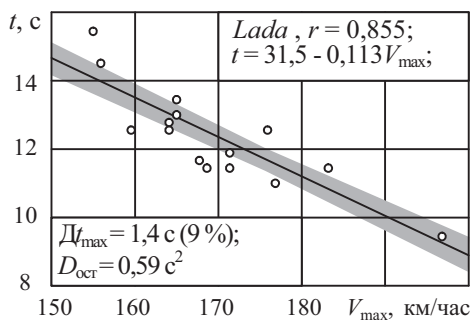
Рис. 5. Время разгона до 100 км/час и удельная масса различных легковых автомобилей

Коэффициент корреляции величин m' и t для этой совокупности равен 0,947. Аппроксимация прямо пропорциональной зависимостью обеспечивает погрешность не более 2,8 с (15%) при остаточной дисперсии экспериментальных данных $0,87 \text{ с}^2$.

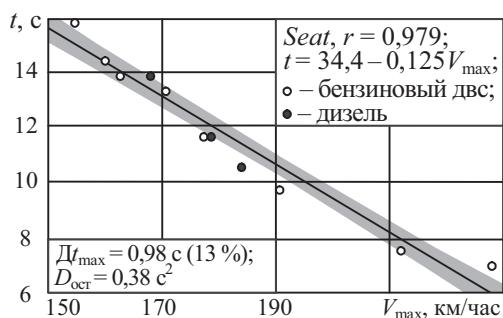
Аппроксимация линейной зависимостью $t = 0,60 + 0,887t'$ обеспечивает погрешность отдельных значений не более 3,2 с (17%), остаточная дисперсия при этом несколько уменьшается – до $0,84 \text{ с}^2$.

Рис. 5 свидетельствуют и о том, что при малых значениях времени разгона t (6 с и меньше) возникает систематическое превышение экспериментальных значений времени разгона над расчетными. Это объясняется вступлением в действие ещё одного фактора – ограничения по сцеплению колес с дорогой. Согласно ему время достижения скорости 100 км/час, выраженное в секундах, не может быть меньше отношения $2,83/(\lambda\mu)$, где λ – коэффициент использования сцепного веса автомобиля, μ – коэффициент сцепления колес с дорогой.

На примере всех упомянутых выше автомобилей было также проверено предположение о наличии корреляционной связи между временем разгона и максимальной скоростью движения автомобиля. Результаты, полученные для автомобилей *Lada* и *Seat*, представлены на рис. 6.



а)



б)

Рис. 6. Регрессия времени разгона автомобилей *Lada* и *Seat* на их максимальную скорость движения V_{\max}

Он показывает, что коэффициент корреляции между временем разгона данных автомобилей и их максимальной скоростью достигает 0,855 ... 0,979. Нуль-гипотеза о его несущественности, проверенная с помощью t -критерия, отклоняется на уровне 95% (оценочное значение t -критерия во всех случаях превышает 5,94 при критическом значении, не превосходящем 2,57).

Линейная аппроксимация регрессии времени разгона автомобилей *Lada* на их максимальную скорость движения обеспечивает погрешность отдельных значений не более 1,4 с (9%) при остаточной дисперсии экспериментальных данных относительно линии регрессии, равной $0,59 \text{ с}^2$.

Линейная аппроксимация регрессии времени разгона автомобилей *Seat* на их максимальную скорость движения обеспечивает погрешность отдельных значений не более 0,98 с (13%) при остаточной дисперсии экспериментальных данных относительно линии регрессии, равной $0,38 \text{ с}^2$.

Выводы. Установлена тесная корреляционная связь между временем разгона автомобилей до заданной скорости и удельной массой – коэффициент линейной корреляции между этими величинами у автомобилей КамАЗ, *Audi*, *Lada* и *Seat* равен 0,94 – 0,99. Получены уравнения регрессии времени разгона этих автомобилей на их удельную массу. Они дают возможность оценивать упомянутое время с абсолютной погрешностью не более 6,4, 1,6, 1,3, 1,0 и 1,6 с соответственно. Получены уравнения регрессии времени разгона автомобилей *Lada* и *Seat* на их максимальную скорость движения. Они дают возможность оценивать упомянутое время с погрешностью не более 1,4 и 0,98 с соответственно.

Список литературы

1. Пожидаев С.П. Экспресс-оценка динамических свойств автомобилей // Автомобильная промышленность. – 2013. – № 9. – С. 8-9.
2. Закс Л. Статистическое оценивание. – М.: Статистика, 1976. – 598 с.
3. Автомобили мира 2014. – М.: Третий Рим, 2013. – 224 с.

УДК 621.43

НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МАСШТАБНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПОРШНЕВЫХ МАШИН SOME LAWS OF SCALE TRANSFORMATION OF RECIPROCATING ENGINES

Ключевые слова: поршневые машины, размеры цилиндров, средняя скорость движения поршней, рабочий объем, мощность, материалоемкость, эффективный КПД.

Keywords: reciprocating machines, cylinder dimensions, average velocity of piston, displacement volume, power, materials consumption, effective efficiency.

Аннотация

Рассмотрено применение метода масштабных преобразований к теории поршневых машин. Установлена взаимосвязь между основными конструктивными параметрами и показателями работы поршневых машин при их масштабных преобразованиях.

Annotation

Application of the method of scale transformation to the theory of reciprocating engines is considered. The relationship between basic design parameters and performance of reciprocating engines under their scale transformations was found.

Пожидаев Сергей Петрович

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины,
ст. научный сотрудник, канд. техн. наук, доцент
кафедры автотракторного, сельско- и
лесохозяйственного машиностроения,
тел. (+38050) 246-40-65; spozhy2@mail.ru*

В современной инженерной деятельности практически не встречаются случаи, когда физический объект создается «с чистого листа». Почти всегда разрабатываемый объект имеет какой-то известный аналог, который отличается от создаваемого размерами, конструктивными особенностями, значениями конструктивных параметров и режимов работы.

Это упрощает определение основных параметров нового объекта на начальном этапе проектирования: глубокие и громоздкие обоснования и вычисления становятся ненужными. Достаточно лишь определенным образом пересчитать числовые значения параметров аналога, «спроектировать» их на создаваемый объект.

Для правильного проведения перерасчета требуется знание закономерностей, которым подлжит интенсивность изменения числовых значений параметров объектов при их масштабных преобразованиях. Рассмотрим применение этих преобразований на примере поршневых машин.

Одну из систем, связанных между собой масштабным преобразованием, будем называть оригиналом (натурой), а вторую – моделью и обозна-

чать их индексами «н» и «м» соответственно.

Масштабным коэффициентом линейного размера двух геометрически подобных объектов назовем величину, представляющую собой отношение определенного линейного размера модели к аналогичному размеру оригинала (натуры):

$$l_{\lambda} = \frac{l_m}{l_n}.$$

Аналогичным образом определяем масштабные коэффициенты площади S_{λ} , объема V_{λ} , плотности материала ρ_{λ} , массы объекта m_{λ} :

$$S_{\lambda} = \frac{S_m}{S_n} = l_{\lambda}^2, \quad V_{\lambda} = l_{\lambda}^3, \quad \rho_{\lambda} = \frac{\rho_m}{\rho_n},$$

$$m_{\lambda} = \rho_{\lambda} \cdot l_{\lambda}^3. \quad (1)$$

Масштабный коэффициент любой другой физической величины (напряжение в материале, крутящий момент, мощность и т.п.), которая выражается одночленной формулой, получают путем отбрасывания в упомянутой формуле постоянных коэффициентов и замены каждой переменной соответствующим ей масштабным коэффициентом.

В процессе масштабных преобразований динамических систем могут изменяться все их параметры, в том числе и время. Это означает разное его течение в исходной и преобразованной системах, то есть разное время осуществления соответствующих перемещений в первой и второй системах. Масштаб времени равен:

$$t_{\lambda} = \frac{t_m}{t_n}, \quad (2)$$

где t_m и t_n – соответствующие моменты или отрезки времени в исходной и преобразованной системах, например, разный период колебаний и т.п.

Известно, что при масштабных преобразованиях динамических систем существует однозначная связь между масштабами кинематических и динамических параметров. Например, масштаб скорости равен отношению масштаба линейных размеров к масштабу времени:

$$v_{\lambda} = v_m : v_n = \left(\frac{dl_m}{dt_m} \right) : \left(\frac{dl_n}{dt_n} \right) = \frac{dl_m}{dl_n} \cdot \frac{dt_n}{dt_m} = \left(\frac{dl_m}{dl_n} \right) \cdot \left(\frac{dt_n}{dt_m} \right) = l_{\lambda} \cdot \frac{1}{t_{\lambda}} = \frac{l_{\lambda}}{t_{\lambda}}, \quad (3)$$

где $l_\lambda = \frac{dl_M}{dl_H} \equiv \frac{l_M}{l_H}$ – масштаб линейных размеров;

$t_\lambda = \frac{dt_M}{dt_H} \equiv \frac{t_M}{t_H}$ – масштаб времени.

Аналогично масштаб ускорения равен отношению масштаба линейных размеров к квадрату масштаба времени:

$$a_\lambda = a_M : a_H = \frac{l_M}{t_M^2} : \frac{l_H}{t_H^2} = \frac{l_M \cdot t_H^2}{l_H \cdot t_M^2} = \left(\frac{l_M}{l_H} \right) \cdot \left(\frac{t_H^2}{t_M^2} \right) = l_\lambda \cdot \frac{1}{t_\lambda^2} = \frac{l_\lambda}{t_\lambda^2}. \quad (4)$$

А если учесть выражение (3) и соотношение для масштаба угловой скорости, которое имеет вид

$$\frac{1}{t_\lambda} = \omega_\lambda,$$

то масштаб ускорения можно выразить также в функции от масштабов линейной (верхняя строка) или угловой (нижняя строка) скоростей:

$$a_\lambda = \frac{l_\lambda}{t_\lambda^2} = \begin{cases} \frac{l_\lambda^2}{t_\lambda^2 \cdot l_\lambda} = \frac{v_\lambda^2}{l_\lambda}; \\ l_\lambda \cdot \frac{1}{t_\lambda^2} = l_\lambda \cdot \omega_\lambda^2. \end{cases} \quad (5)$$

Масштаб сил определяется согласно соотношению:

$$F_\lambda = \frac{F_M}{F_H} = \frac{m_M \cdot a_M}{m_H \cdot a_H} = m_\lambda \cdot a_\lambda = \frac{m_\lambda \cdot l_\lambda}{t_\lambda^2}. \quad (6)$$

Масштаб сил можно определить в функции от масштабов линейной (верхняя строка) или угловой (нижняя строка) скоростей:

$$F_\lambda = \frac{m_\lambda \cdot l_\lambda}{t_\lambda^2} = \begin{cases} \frac{m_\lambda \cdot l_\lambda^2}{t_\lambda^2 \cdot l_\lambda} = \frac{m_\lambda \cdot v_\lambda^2}{l_\lambda}; \\ m_\lambda \cdot l_\lambda \cdot \frac{1}{t_\lambda^2} = m_\lambda \cdot l_\lambda \cdot \omega_\lambda^2. \end{cases} \quad (7)$$

Воспользовавшись последним из соотношений (1), масштаб сил может быть представлен в виде:

$$F_\lambda = \frac{m_\lambda \cdot l_\lambda}{t_\lambda^2} = \begin{cases} \frac{m_\lambda \cdot v_\lambda^2}{l_\lambda} = \rho_\lambda \cdot l_\lambda^2 \cdot v_\lambda^2; \\ m_\lambda \cdot l_\lambda \cdot \omega_\lambda^2 = \rho_\lambda \cdot l_\lambda^4 \cdot \omega_\lambda^2. \end{cases} \quad (8)$$

Разделив каждую составляющую этого выражения на масштаб площади $S_\lambda = l_\lambda^2$, получаем масштаб напряжений в элементах преобразуемых систем:

$$\sigma_\lambda = \frac{F_\lambda}{S_\lambda} = \begin{cases} \rho_\lambda v_\lambda^2; \\ \rho_\lambda l_\lambda^2 \cdot \omega_\lambda^2. \end{cases} \quad (9)$$

Полученные соотношения (5), (8) и (9) свидетельствуют о следующих общих свойствах динамических систем (к которым относятся и поршневые машины), проявляющиеся при их масштабных преобразованиях:

1. Ускорение a , силы инерции F и напряжения σ элементов поршневых машин прямо пропорциональны квадратам как линейной, так и угловой скоростей.

2. Если на одном и том же уровне выдерживать линейную скорость движения элементов преобразуемых систем (т.е. среднюю поступательную скорость движения поршней, $v_\lambda = 1$), то увеличение размеров поршневых машин в l_λ раз сопровождается последствиями:

а) уменьшением ускорения a , ее элементов в l_λ раз (верхняя строка соотношения (5));

б) увеличением сил инерции F в l_λ^2 раз (верхняя строка соотношения (8));

в) отсутствием изменений в напряжениях у элементов системы (верхняя строка соотношения (9)).

3. Если на одном и том же уровне выдерживать угловую скорость вращения элементов преобразуемых систем (т.е. коленчатого вала, $\omega_\lambda = 1$), то увеличение размеров системы в l_λ раз сопровождается такими последствиями:

а) увеличением линейных ускорений a в l_λ раз (нижняя строка (5));

б) увеличением сил инерции F в l_λ^4 раз (нижняя строка (8));

в) увеличением напряжений l_λ^2 в раз (нижняя строка (9)).

Это свидетельствует о том, что увеличение размеров поршневых машин, которые изготавливаются из тех же материалов ($\sigma = const$), нельзя проводить при условии сохранения угловой скорости движения коленчатого вала – ее обязательно следует уменьшать. А именно, чтобы при росте размеров системы в l_λ раз сохранить напряжение в деталях на прежнем уровне, следует угловую скорость вращения коленчатого вала уменьшить в такое же количество (l_λ) раз:

$$\omega_\lambda = \sqrt{\frac{\sigma_\lambda}{\rho_\lambda}} \cdot \frac{1}{l_\lambda}. \quad (10)$$

Например, современные дизельные двигатели имеют такую угловую скорость вращения коленчатого вала [1, с. 22]:

- при диаметре цилиндра 85-150 мм – 1,5-3 тыс. мин⁻¹;

- при диаметре цилиндра 300-600 мм – 400 - 500 мин⁻¹;

- при диаметре цилиндра 800 мм и более – 100 - 110 мин⁻¹.

Увеличение размеров цилиндров сопровождается не только уменьшением угловой скорости, но и увеличением абсолютных допусков на износ деталей. Эти два фактора положительно влияют на срок службы двигателя. Например, моторесурс до капитального ремонта существующих двигателей, оборудованных наддувом, составляет [1, с. 22]:

- при диаметре цилиндров 85-150 мм – 10-14 тыс. часов;

- при диаметре цилиндров 300-650 мм – 45 - 50 тыс. часов;

- при диаметре цилиндра более 800 мм – 100 тыс. часов.

Чтобы представить размер этих моторесурсов, следует учесть, что за один год непрерывной круглосуточной работы двигателя его наработка составляет примерно 8,8 тыс. часов.

4. Компенсацию роста сил инерции и напряжений, возникающих при увеличении размеров систем, можно обеспечить путем применения материалов с меньшей плотностью (масштаб

$\rho_\lambda < 1$).

Эффективную мощность поршневого двигателя внутреннего сгорания можно определить по выражению:

$$N = \left\{ \begin{array}{l} P \frac{V}{\pi \tau} \omega; \\ P \frac{V}{\pi \tau} \omega = P \frac{SH}{\pi \tau} \omega = P \frac{S}{\tau} \cdot \bar{v}, \end{array} \right\}, \quad (11)$$

где N – мощность двигателя, кВт;

P – среднее эффективное давление, кПа;

V – рабочий объем двигателя, м³;

τ – тактность двигателя, для четырехтактных она равна 4, а для двухтактных 2;

ω – угловая скорость вращения коленчатого вала, рад/с;

S – суммарная площадь поршней двигателя, м²;

H – ход поршней, м;

\bar{v} – средняя скорость движения поршней,

$$\text{м/с: } \bar{v} = \frac{H\omega}{\pi}.$$

В соответствии с соотношением (11) масштаб мощности поршневых машин при их масштабных преобразованиях равен

$$N_\lambda = \left\{ \begin{array}{l} P_\lambda V_\lambda \omega_\lambda = P_\lambda l_\lambda^3 \omega_\lambda; \\ P_\lambda S_\lambda \bar{v}_\lambda = P_\lambda l_\lambda^2 \bar{v}_\lambda. \end{array} \right. \quad (12)$$

Из него следует, что мощность поршневых ма-

шин прямо пропорциональна их скорости: как угловой скорости вращения коленчатого вала ω (верхняя строка соотношения (12)), так и линейной скорости движения поршней \bar{v} (нижняя строка).

С первой строки соотношения также следует, что при масштабных преобразованиях поршневой машины, которые осуществляются при неизменной угловой скорости вращения коленчатого вала ($\omega_\lambda = 1$), ее мощность прямо пропорциональна кубу линейных размеров цилиндров l , т.е. рабочему объему V .

Но, как следует из нижней строки соотношения (9), при этом происходит увеличение напряжений в деталях машины в l_λ^2 раз, что потребует применения более прочных материалов.

Однако этот недостаток не будет проявляться, если рабочий объем двигателя увеличивать путем наращивания количества цилиндров. В этом случае рабочий объем, масса и мощность двигателя возрастают в одно и то же количество раз, вследствие чего материалоемкость двигателя сохраняется на том же уровне. Именно этим объясняется широкое применение многоцилиндровых двигателей. У двигателей легковых автомобилей количество цилиндров достигает 16 (суперкар Бугатти-Вейрон), у судовых двигателей – 42 [2, с. 190].

Но увеличение количества цилиндров двигателя сопровождается таким же ростом количества его деталей, что усложняет двигатель.

Вследствие этого в современном двигателестроении применяются оба пути достижения заданной мощности – как за счет изменения количества цилиндров, так и за счет изменения их размеров.

Из второй строки соотношения (12) следует, что при неизменной средней скорости движения поршней ($\bar{v}_\lambda = 1$) мощность машины прямо пропорциональна квадрату линейных размеров цилиндров l , т.е. суммарной площади поршней S .

Вследствие этого увеличение линейных размеров цилиндров в l_λ раз сопровождается ростом массы и рабочего объема двигателя в l_λ^3 раз, а мощности – только в l_λ^2 раз.

То есть прирост мощности поршневых машин, обусловленный увеличением размеров цилиндров при неизменной средней скорости движения поршней, в l_λ раз отстает от прироста рабочего объема и массы. Поэтому материалоемкость поршневых машин при увеличении размеров цилиндров возрастет в l_λ раз. Например, материалоемкость существующих дизельных двигателей составляет [1, с. 22]:

- при диаметре цилиндра 85-150 мм – от 2,3 до 10 кг/кВт;
- при диаметре цилиндра 300-650 мм – от 6 до 25 кг/кВт;
- при диаметре цилиндра более 800 мм – 25-30 кг/кВт.

Взаимосвязь мощности и рабочего объема двигателя удобно анализировать с помощью масштаба литровой мощности, который представляет собой отношение масштаба мощности двигателя N_λ к масштабу рабочего объема V_λ :

$$\frac{N_\lambda}{V_\lambda} = \begin{cases} P_\lambda \cdot \omega_\lambda; \\ P_\lambda \cdot \bar{v}_\lambda / l_\lambda. \end{cases} \quad (13)$$

Из первой строки этого соотношения следует, что при масштабных преобразованиях поршневой машины, угловая скорость ω вращения коленчатого вала которой является постоянной, литровая мощность зависит только от среднего эффективного давления P и не зависит от размеров. Если же среднее эффективное давление не изменяется, то литровая мощность двигателя прямо пропорциональна угловой скорости ω , которую можно увеличивать благодаря уменьшению линейных размеров цилиндров.

А именно: согласно соотношению (10) уменьшение размеров цилиндров (масштаб $l_\lambda < 1$) дает возможность увеличить угловую скорость в такое же количество раз, в которую будут уменьшены размеры цилиндров. Этим свойством руководствуются при создании высокооборотных двигателей гоночных мотоциклов и автомобилей, в которых применяют цилиндры небольших размеров, а требуемый литраж двигателя обеспечивают увеличением их количества.

Если постоянной является средняя линейная скорость поршней \bar{v} , то литровая мощность двигателя имеет обратно пропорциональную зависимость от его размеров (вторая строка соотношения (13)). То есть в крупноразмерных двигателях тепловозов и морских судов литровая мощность объективно меньше, чем у двигателей легковых автомобилей или мотоциклов.

Кроме того, при увеличении размеров цилиндров несколько возрастает эффективный КПД двигателя, что объясняется относительно меньшими потерями тепловой энергии в стенки цилиндров (рабочий объем цилиндра пропорциона l_λ^3 , а площадь стенок цилиндра пропорциональна только l_λ^2). Например, в четырехтактных дизельных двигателях, оборудованных наддувом, упомянутый КПД равен [1, с. 11]:

- при диаметре цилиндров около 100 мм – 0,32;
- при диаметре цилиндров около 200 мм – 0,39;
- при диаметре цилиндра около 600 мм – 0,41.

Выводы. Увеличение размеров цилиндров

поршневого двигателя в l_λ раз, которое осуществляется при той же средней линейной скорости движения поршней ($\bar{v}_\lambda = 1$), сопровождается такими последствиями:

- необходимостью уменьшения угловой скорости вращения коленчатого вала в l_λ раз;
- увеличением цилиндровой мощности в l_λ^2 раз;
- ростом рабочего объема и массы двигателя в l_λ^3 раз;
- уменьшением литровой мощности в l_λ раз;
- увеличением материалоемкости в l_λ раз;
- возрастанием моторесурса и эффективного КПД.

Изменение количества цилиндров поршневой машины сопровождается пропорциональным изменением ее рабочего объема, мощности и массы, литровая мощность и материалоемкость остаются неизменными.

Уменьшение размеров цилиндров в l_λ раз, которое осуществляется при той же средней линейной скорости движения поршней, позволяет увеличить допустимую угловую скорость вращения коленчатого вала в l_λ раз, что дает возможность повысить литровую мощность. При этом поддержание рабочего объема двигателя на предыдущем уровне осуществляется увеличением количества цилиндров.

Список литературы

1. Вешкельский В.А. Справочник моториста установок с ДВС: Вопросы и ответы. – Л.: Машиностроение, 1985. – 272 с.
2. Акимов Р.Н., Гасиев Р.А., Заир-Бек А.Б. Справочник моториста. – М.: Воениздат, 1972. – 512 с.

УДК 625:004.9

НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ВОЗВЕДЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

NEURAL NETWORK METHOD OF PLANNING THE DURATION OF THE TECHNOLOGICAL CYCLE OF THE CONSTRUCTION OF THE RAILWAY ROADBED

Ключевые слова: организационно-технологическое проектирование, железнодорожное земляное полотно, оперативное планирование, искус-

ственная нейронная сеть, технологический цикл.

Keywords: organizational and technological design, railway roadbed, operational planning, artificial neural network, technological cycle.

Аннотация

В статье рассматривается метод оперативного планирования (прогнозирования) продолжительности технологического цикла возведения железнодорожного земляного полотна в процессе реализации организационно-технологических решений. Обоснованы преимущества искусственных нейронных сетей перед аналитическими моделями для решения задачи анализа ситуации и управления строительством.

Annotation

In article is considered the method of operational planning (forecasting) the duration of the technological cycle of the construction of the railway roadbed in the process of realization of organizational and technological decision. Also are substantiated the advantages of artificial neural networks before analytical models for solving the problem of the situation analysis and construction management.

Полянский Алексей Викторович

Московский государственный университет
путей сообщения,
докторант, доцент, канд. техн. наук,
тел. (495) 684-24-64; Polal_82@mail.ru

Современные темпы строительства и реконструкции железных дорог, а также наметившиеся тенденции к развитию скоростного и высокоскоростного движения ставят перед транспортными строителями новые задачи. Большинство этих задач требует поиска инновационных методов и способов решения. При этом следует отметить важность их решения не только на стадии проектирования как технического, так и организационно-технологического, но и на стадии практической реализации того или иного объекта железнодорожного строительства.

В то же время поиск инноваций в области железнодорожного строительства должен сопровождаться тщательным анализом существующих возможностей и оперативным синтезом новых решений. Очевидные сложности в части формализации такого подхода открывают потребность в использовании методов, основанных на накопленном опыте и знаниях, а также математической интерпретации интеллектуальной инженерной деятельности человека. Использование некоторых методов искусственного интеллекта (ИИ) существенным образом способствует реализации обозначенного подхода [1].

Все вышесказанное, а также потребности проектных и строительных (подрядных) организаций побудили к проведению исследования, лежащего в плоскости поиска новых технологий, разработки организационно-технологических решений и управления железнодорожным строительством.

В рамках проводимой научно-исследовательской работы, с использованием математического аппарата, лежащего в основе методов искусственного интеллекта, были сформулированы и решены такие задачи, как выбор конструктивно-технологических решений железнодорожного земляного полотна (ЖДЗП), разработка организационно-технологических решений на возведение ЖДЗП. Разработана методика интеллектуального управления надежностью организационно-технологических решений по результатам мониторинга технологического процесса возведения ЖДЗП с возможностью интеграции с системами управления проектами.

Решение указанных задач в большинстве случаев сопровождалось исследованием частной проблемы – подзадачи. В данной работе будет рассмотрено решение проблемы оперативного планирования (прогнозирование) продолжительности технологического цикла (ПТЦ) возведения ЖДЗП с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС). Данная проблема актуальна как для случая разработки организационно-технологического решения на этапе проектирования, так и на этапе возведения ЖДЗП. В то же время в современных условиях ведения строительных работ и особенностей взаимодействия заказчика с исполнителем, следует отметить, что успешными являются те подрядные организации, которые могут в кратчайшие сроки выполнить строительные работы и при этом обеспечить собственную рентабельность. Продолжительные технологические циклы существенно сдвигают сроки начала укладки верхнего строения пути, тем самым отодвигая срок ввода железнодорожной линии в эксплуатацию. Преодоление этой проблемы требует совершенствования подходов к управлению временем технологических процессов возведения ЖДЗП. В связи с этим возникла необходимость (первое требование) в оперативном определении ПТЦ с учетом влияния многочисленных факторов.

Планирование (прогнозирование) является механизмом управления строительством и одной из главных функций, которая регламентирует технологию, т.е. определенный порядок, последовательность осуществления намеченной на определенный период программы строительно-монтажных работ. В то же время планирование устанавливает конкретные сроки выполнения различных технологических операций в процессе выполнения работ. В связи с этим возникла необходимость (второе требование) в наиболее точном определении ПТЦ с учетом многочисленных факторов.

Анализ опубликованных по данной проблеме работ показал, что существующие методы расчета ПТЦ в условиях неопределенности и динамики внешней и внутренней среды железнодорожного строительства начинают давать сбой. Аналитические модели расчета ПТЦ не всегда соответствуют фактическому значению технологического цикла в реальных условиях. На точность рас-

четов значительное влияние оказывает воздействие случайных факторов (погодно-климатические условия, гидрогеологические условия, задержки в доставке грунта, поломка и ремонт строительных машин и т.д.), вследствие которых фактическая ПТЦ оказывается значительно больше расчетной, что приводит к простоем машин и рабочих, увеличению объемов незавершенного строительства и в конечном счете отодвигает срок завершения работ [2; 3].

Следовательно, необходимо применение таких систем, которые могут не только выполнять однажды запрограммированную последовательность действий над заранее определенными данными, но и способны анализировать вновь поступающую информацию, находить в ней закономерности и учитывать воздействие случайных факторов.

Наилучшим образом для решения подобных задач зарекомендовали себя ИНС – самообучающиеся системы, имитирующие деятельность человеческого мозга. Это математические модели, а также их программные или аппаратные реализации, построенные по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма [4; 5].

ИНС не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Возможность обучения – одно из главных преимуществ ИНС перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения ИНС способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке.

В данной работе решена задача планирования ПТЦ с использованием ИНС и реализована с помощью системы *Matlab* и пакета расширения *Neural Network Toolbox* [6].

Перед построением ИНС проведен корреляционный анализ 583 данных, позволяющий устранить незначимые факторы. При пороге значимости 0,05 все факторы (входные значения) оказались значимыми и имели положительные значения, т.е. при увеличении входных значений будет увеличиваться и ПТЦ.

На следующем этапе построена ИНС. Количество входных и выходных нейронов известно, каждый из входных нейронов соответствует одному из системных (длина участка, объем работ, тип грунта, толщина уплотняемого слоя, тип грунтоуплотняющей машины, время уплотнения одного слоя, время на устройство элементов усиления ЖДЗП, объем работ на устройство элементов усиления, защитного слоя и др.) и случайных факторов (негативные погодные условия, технологические дефекты в процессе возведения ЖДЗП, внеплановый ремонт машин и др.), влияющих на ПТЦ.

Нейрон в выходном слое представляет собой прогнозируемую величину ПТЦ.

Неизвестным остается лишь число скрытых слоев и число нейронов в скрытом слое (рис. 1).

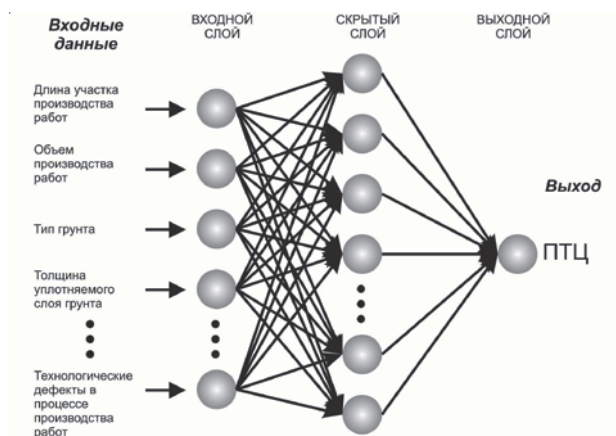


Рис. 1. Структура искусственной нейронной сети

Для алгоритма обратного распространения ошибки рекомендуется один скрытый слой, большее количество слоев приводит к переобучению ИНС, когда сеть полностью распознает примеры из обучающего множества, подаваемые для обучения, и дает большую ошибку при подаче на его входы примеры тестового множества.

Для определения количества нейронов в скрытом слое использовалась теорема Колмогорова, которая служит математической основой для ИНС и заключается в следующем: любая непрерывная функция, определенная на n -мерном единичном кубе, может быть представлена в виде суммы $2n+1$ суперпозиций непрерывных и монотонных отображений единичных отрезков. То есть верхняя граница числа нейронов в скрытом слое не должна быть более: $2n+1$ (n – количество входов) [6].

Обучение ИНС производилось методом «с учителем» – это такой способ постановки эксперимента, в ходе которого система обучается с помощью примеров «вход – эталон». Между входами (факторами, влияющими на ПТЦ) и эталонным выходом (ПТЦ) может существовать некоторая зависимость, но она не известна. Известна только конечная совокупность прецедентов, называемая обучающей выборкой. На основе этих данных требуется восстановить зависимость, то есть построить алгоритм, способный для любого объекта выдать достаточно точный ответ.

Процедура обучения ИНС сводится к процедуре коррекции весов её связей. Целью процедуры является коррекция весов, т.е. минимизация функции ошибки E :

$$E = \frac{1}{P} \sum_{i=1}^P (c_i - y_i)^2,$$

где P – количество обработанных нейронной сетью примеров;

y_i – реальный выход нейронной сети;

c_i – желаемый (идеальный) выход нейронной сети.

Насколько успешно прошло обучение ИНС, показывает диаграмма рассеяния (рис. 2).

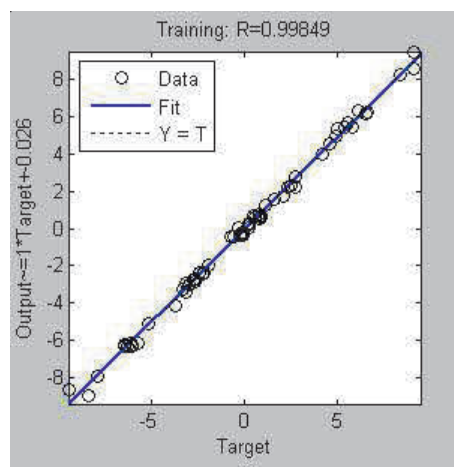


Рис. 2. Диаграмма рассеяния

На диаграмме рассеяния отображаются выходные значения для каждого из примеров обучающей выборки (координаты по оси X – это значение выхода на обучающей выборке (эталон), а по оси Y – значение выхода, рассчитанное обученной моделью на том же примере). Прямая диагональная линия представляет собой линию идеальных значений. Чем ближе точка к этой линии, тем меньше ошибка модели. Две пунктирные линии обозначают верхнюю и нижнюю границы доверительного интервала. Так как все точки близки к идеальным значениям, то это позволяет сделать вывод о хорошем качестве обучения ИНС. Также анализ построенной ИНС проводился с помощью способа отображения данных с использованием тестирующей выборки, т.е. на входы подавались значения, которые не использовались при обучении ИНС. Так как относительная ошибка полученных значений не превысила 1%, то это позволяет сделать вывод о хороших результатах обучения и возможности применения данной ИНС при планировании ПТЦ возведения ЖДЗП.

Список литературы

1. Полянский А.В. Интеллектуальные подходы к разработке рациональных организационно-технологических решений в транспортном строительстве // Транспортное строительство. – 2013. – №10. – С. 13-15.
2. Полянский А.В., Нейман А.О. Управление качеством земляных работ при возведении дорожных насыпей // Транспорт: наука, техника, управление. ВНИТИ РАН. – 2004. – №4. – С. 18-24.
3. Автоматизированное проектирование организации строительства железных дорог / Под ред. С.П. Першина. – М.: Транспорт, 1991. – 261 с.
4. Люгер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Пер. с англ. – 4-е издание. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 864 с.
5. Джонс М.Т. Программирование искусственного интеллекта в приложениях / Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 312 с.: ил.

УДК 656.2.022.816

К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ

ABOUT THE QUESTION OF THE TRANSPORT COMPLEX OF NOVOSIBIRSK REGION

Ключевые слова: транспорт, железнодорожный транспорт, транспортное состояние, логистика.

Keywords: transport, railway transport, transport condition, and logistics.

Аннотация

Анализируется транспортный комплекс Новосибирской области. Выявляются проблемы и определяются перспективные направления развития транспортно-логистической инфраструктуры Новосибирского транспортного узла как крупнейшего транспортного центра Сибири.

Annotation

The transport complex of the Novosibirsk region is analyzed. Issues are identified and defined promising areas of transport and logistics infrastructure Novosibirsk transport hub as the largest transportation center in Siberia.

Попова Юлия Владимировна

*Сибирский государственный университет
путей сообщения,
ст. преподаватель кафедры
«Мировая экономика и туризм»,
тел. (383) 328-03-95; 250907@mail.ru*

Развитие транспортной инфраструктуры является важнейшим фактором обеспечения экономического и социального развития страны в целом, отдельных ее регионов в частности.

Современные подходы к решению этой задачи предполагают не только модернизацию и строительство магистральных путей сообщения, но и формирование транспортных узлов, оснащенных объектами, организующими обслуживание потребностей населения и предприятий в перевозках на территории региона, а порой и целого экономического района.

Одним из таких важных транспортно-логистических узлов является Новосибирск.

Исторически с момента своего возникновения город Новосибирск играл роль крупного транспортного и распределительного центра. В настоящее время Новосибирская область реализует себя как крупнейший транспортно-распределительный и транзитный узел восточной части Рос-

сии, чему в значительной мере способствует выгодное геополитическое положение области.

Новосибирская область и ее областной центр находятся в центре нехарактерного для восточной части страны по плотности заселения региона, где на территории радиусом 600-700 км проживает 11-13 млн человек. Новосибирская область является крупнейшим транспортно-распределительным узлом Сибири и Дальнего Востока, а г. Новосибирск – опорным пунктом товаропроводящей системы, способной в оперативном режиме (8-10 часов хода автомобильного транспорта) обслужить десятки городов Сибири, Алтая, Казахстана и Средней Азии.

Здесь проходят основные транспортные артерии страны, идущие с запада на восток, на юг (страны Средней Азии и Монголия), на юго-запад (Республика Казахстан), на север, Южный Кузбасс. Транспортный комплекс области располагает локальными центрами накопления, обработки и распределения грузо- и пассажиропотоков, с комплексами складских и таможенных терминалов, железнодорожных станций-терминалов, вокзалов, аэропортов, вследствие чего выполняет функции концентрирующего и распределяющего узла.

В Новосибирской области расположены такие крупные инфраструктурные объекты, зона влияния которых выходит далеко за пределы данной области, это аэропорт «Толмачево», крупнейшие контейнерные станции «Клещиха», «Инская» и многие другие объекты.

По Новосибирской области проходят крупнейшие транспортные коридоры восточной части страны (рис.1), такие как

1. Магистральные железнодорожные пути: Транссибирская, Туркестано-Сибирская, Средне-сибирская магистрали.

2. Федеральные автодороги М-51, М-53 автомобильного коридора «Россия» (Москва – Челябинск – Новосибирск – Владивосток) и М-52 (выход на Страны Средней Азии, Монголию, Китай).

3. Региональные автодороги с выходом на Северную широтную магистраль (Томск), Северо-Восточный Казахстан, Южный Кузбасс, сельскохозяйственные районы Алтая.

4. Река Обь, играющая важную роль в транспортном обслуживании северных нефтедобывающих районов Сибири (ХМАО, ЯНАО).

5. Узловой аэропорт «Толмачёво», осуществляющий авиасообщение со 100 городами России, ближнего и дальнего зарубежья и имеющий большое значение как пункт транзитной посадки воздушных судов, выполняющих рейсы между Японией, Кореей, Китаем и городами Западной Европы и Скандинавии, а также в обеспечении транзитов по кроссполярным линиям.

Развитие транспортной инфраструктуры является важным не только для обеспечения потребностей экономики самой Новосибирской области, но и для реализации ее транзитного, логистического потенциала, обеспечения межрегиональных связей.



Рис.1. Основные транспортные коридоры, проходящие через Новосибирскую область [1]

В этой связи для экономики Новосибирской области большое значение имеет транспортный комплекс, его роль действительно велика, он является одной из отраслей специализации экономики области, его доля в валовом региональном продукте составляет 12,7%, что на 4,7 процентных пункта выше, чем общероссийские показатели [2] (табл.1).

На долю транспортного комплекса приходится более четверти (26%) от стоимости основных фондов, пятая часть (22%) инвестиций в основной капитал и более 7% от численности занятых [3].

Грузооборот Новосибирской области составляет 16% от общего грузооборота Сибирского федерального округа [4].

Таблица 1

Основные показатели работы транспортного комплекса Новосибирской области [3]

Перевозка грузов	2012 г.	В % к 2011 г.	Справочно: 2011 г. в % к 2010 г.
Перевезено (отправлено) грузов предприятиями транспорта, тыс. т	26367,9	110,7	121,3
в том числе:			
железнодорожного	15568,0	110,9	123,0
автомобильного ¹	7409,8	108,8	100,0
воздушного (транспортная авиация)	8,2	106,5	101,3
внутреннего водного	3381,9	114,1	182,9
Грузооборот предприятий транспорта, млн т-км	97180,8	104,8	99,9
в том числе:			
железнодорожного	92857,0	104,7	98,4
автомобильного	904,5	103,6	96,9
воздушного (транспортная авиация)	1340,5	104,7	98,2
внутреннего водного	2078,8	112,1	92,7
Перевезено (отправлено) пассажиров предприятиями транспорта, тыс. чел.	333951,7	91,8	96,4
в том числе:			
железнодорожного ²	22383,0	99,2	73,3
автомобильного ³	310052,9	90,9	98,3
воздушного (транспортная авиация)	1336,9	123,7	126,7
внутреннего водного	178,9	70,9	100,4
Пассажирооборот предприятий транспорта, млн пасс.-км	20571,8	104,3	97,8
в том числе:			
железнодорожного	3565,0	100,0	91,0
автомобильного	3034,2	95,5	103,1
воздушного (транспортная авиация)	13967,7	107,5	98,6
внутреннего водного	4,9	71,0	100,0

В том числе работа транспорта общего пользования характеризуется следующими показателями:

¹С учетом индивидуальных предпринимателей и малых автотранспортных предприятий.

²Данные по перевозкам пассажиров железнодорожным транспортом за январь-ноябрь 2012 года.

³С учетом индивидуальных предпринимателей и малых автотранспортных предприятий.

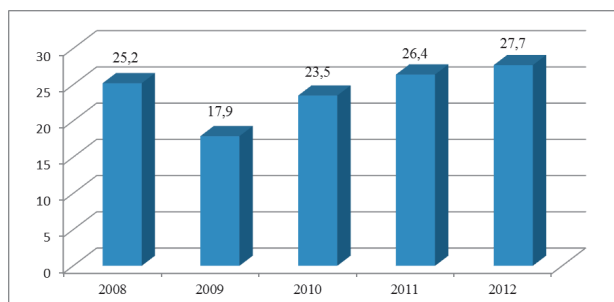


Рис.2. Объем перевезенных грузов в Новосибирской области в 2008-2012 годах (транспорт общего пользования), млн тонн

Объем перевозок грузов уже в 2011 году составил 26,4 млн тонн, что выше максимального докризисного уровня 2008 года на 5,2%. В 2012 году объем перевозок составил 27,7 млн тонн.

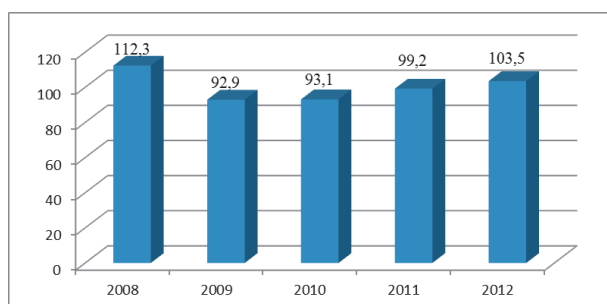


Рис.3. Грузооборот транспорта общего пользования Новосибирской области в 2008-2012 годах, млрд. км

Как видно из рис. 2 грузооборот транспорта общего пользования Новосибирской области пока не вышел на докризисный уровень, хотя динамика в целом положительная.

В структуре грузооборота ведущее место принадлежит железнодорожному транспорту (95%), причем существенная часть грузов проходит через область транзитом (рис.3).

Из данных табл. 2. можно сделать вывод:

основными видами грузовых перевозок на железнодорожном транспорте являются каменный уголь, нефть и нефтепродукты и строительные грузы.

Общая длина всех железнодорожных линий в пределах области составляет около 1511 км, причем плотность железных дорог больше, чем в целом по стране и равна 8,6 км на 1000 км² территории области [5].

Развитие железнодорожной инфраструктуры обеспечивает опережающий рост грузооборота станций, находящихся в пригородной зоне Новосибирска и зонах активного экономического развития. Это усиливает значение Новосибирской области как транзитной территории и приводит к еще большей активизации создания в зоне Новосибирского транспортно-логистического узла контейнерных терминалов для крупнотоннажных контейнеров, современных складских комплексов [2].

Пассажирский железнодорожный транспорт играет ведущую роль при организации пассажирских перевозок в пригородном сообщении, он обеспечивает 57% внутреннего пассажирооборота Новосибирской области (без учета авиационного транспорта, так как он не участвует во внутриобластных перевозках).

Регулярными маршрутами пассажирского железнодорожного сообщения охвачена наиболее густонаселенная часть территории области с населением более 70% от общей численности [3].

Транспортный комплекс области располагает локальными центрами накопления, обработки и распределения грузо- и пассажиропотоков, с комплексами складских и таможенных терминалов, железнодорожных станций-терминалов, вокзалов, аэропорта «Толмачево», вследствие чего выполняет функции концентрирующего и распределяющего узла. Таким образом, Новосибирск является опорной точкой для транспортно-логистической сети, обслуживающей порядка 12–14 млн человек.

Таблица 2

Объем погрузки основных видов грузов на железнодорожном транспорте [3]

Наименование груза	Декабрь 2012 г.			Справочно: декабрь 2011 г. в % к:	
	тыс. тонн	в % к:		декабрю 2010 г.	общему объему погрузки
		декабрю 2011 г.	общему объему погрузки		
Грузы	21998	115,4	100,0	90,2	100,0
из них:					
каменный уголь	16194	117,2	73,6	87,7	72,5
кокс	589	95,3	2,7	104,0	3,2
нефть и нефтепродукты	1243	115,3	5,7	107,6	5,7
руда железная	642	128,7	2,9	68,8	2,6
черные металлы	604	87,9	2,7	102,7	3,6
строительные грузы	783	167,3	3,6	124,8	2,5
зерно и продукты перемола	402	95,0	1,8	91,2	2,2
грузы в контейнерах	145	117,9	0,7	109,8	0,6

Основной задачей на среднесрочную и долгосрочную перспективу является необходимость концентрации крупных транспортно-логистических центров в пригородной зоне Новосибирска, на входах-выходах в город в районе крупных автодорожных и железнодорожных магистралей.

Это будет способствовать решению ряда проблем, в частности:

1. Ускорит транспортировку грузов, следующих транзитом через Новосибирск.

2. Разгрузит улично-дорожную сеть города Новосибирска.

3. Позволит аккумулировать грузы и производства вне городской черты.

В этой связи представляется целесообразным с участием инвесторов обеспечить развитие трех крупных транспортно-логистических зон Новосибирского транспортного узла: Западной, Восточной и в перспективе Южной.

Задача развития новосибирской агломерации и новосибирского транспортно-логистического узла невозможна без адекватного развития инфраструктуры железнодорожного транспорта как в целях обеспечения перевозок в зонах активного экономического развития Новосибирской области, так и в целях обеспечения пассажирских перевозок.

Данная задача может быть решена только совместными усилиями ОАО «РЖД», хозяйствующих субъектов, реализующих свои инвестиционные проекты, и администрации области.

На территории Новосибирской области объективно сформировалась потребность в создании комплекса современных транспортно-логистических центров. Это связано с развитием активности крупных оптовых и розничных торговых сетей на территории как Новосибирска, так и ближайших регионов, а также с обслуживанием международных транзитных грузов в западном, восточном и южном направлениях. Возрастает потребность в высокотехнологичных услугах по размещению, хранению, перегруппировке больших объемов разнообразных потребительских товаров.

Таким образом, развитие транспортно-логистической инфраструктуры Новосибирского транспортного узла в этой ситуации является важным для обеспечения потребностей Новосибирской области, соседних регионов, а также является одним из важнейших элементов инвестиционной привлекательности региона.

Список литературы

1. URL: <http://www.mintrans.nso.ru>
2. URL: <http://stelssib.ru/>
3. Транспорт и связь НСО. Статистический сборник. Новосибирский областной комитет государственной статистики. – Новосибирск, 2012.
4. Новосибирская область в цифрах. Статистический сборник. Территориальный орган ФСГС по НСО. – Новосибирск, 2012.
5. Попова Ю.В. К вопросу о повышении транзитного потенциала магистральных железных дорог России // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2012. – №2. – С. 86-89.

УДК 626.31, 62-98

АНАЛИЗ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБ

ANALYSIS AND CHOISE OF RATIONAL OPERATING MODELS OF FREE-FLOW PIPES

Ключевые слова: труба, коэффициент наполнения, формулы Шези, гидравлический радиус, скорость, расход.

Keywords: pipe, coefficient of filling, formula of Shezi, hydraulic radius, speed, expense.

Аннотация

Проведен анализ работы безнапорных труб при различном заполнении. Определены режимы, на которых достигаются максимальные скорости и расходы потока. Рассмотрены условия перехода от безнапорного к напорному и наоборот режимам работы трубы.

Annotation

The analysis of work of free-flow pipes is carried out at various filling. Modes on which the maximum speeds and stream expenses are reached and defined. Transition conditions from free-flow to pressure head and vice versa to pipe operating modes are considered.

Проценко Григорий Григорьевич

Челябинский институт путей сообщения,

доцент, канд. техн. наук,

тел. 8(351) 268-61-37; ttp@chirt.ru

Тимошенко Ольга Олеговна

Челябинский институт путей сообщения,

студент,

тел. 8289525125011; Mc_Ska-Ska@mail.ru

В различных гидравлических системах объектов транспортной инфраструктуры: канализационных, поверхностного водоотвода, дренажных, гидротехнических тоннелей и др. применяют каналы замкнутого поперечного профиля [1]. Как правило, в таких системах расход воды является переменным, и сооружения работают неполным сечением канала. Гидравлический расчет каналов выполняется по формулам Шези

$$v = W \sqrt{i_0}; \quad W = C \sqrt{R}; \quad Q = K \sqrt{i_0}; \\ K = AC \sqrt{R}, \quad (1)$$

где: v , Q – скорость и расход потока;

W , K – модули скорости и расхода;

A – площадь живого сечения;

R – гидравлический радиус;

C – коэффициент Шези.

Коэффициент Шези при $R < 1$ м по формуле Н.Н. Павловского [1]:

$$C = \frac{1}{n} R^{1,5\sqrt{n}}, \quad (2)$$

где n – коэффициент шероховатости стенок канала.

Наиболее часто в сооружениях применяют каналы круглого сечения – трубы из различных материалов. Расчетная схема канала при неполном заполнении приведена на рис. 1.

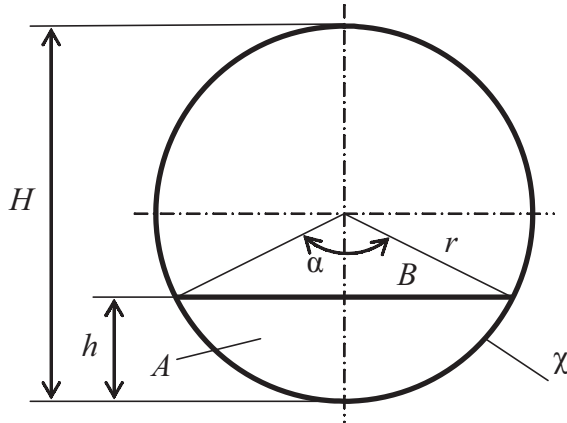


Рис.1 . Расчетная схема канала: r – геометрический радиус канала (трубы), h – глубина потока, H – полная высота сечения, χ – смоченный периметр, B – ширина потока по урезу воды

Коэффициент наполнения трубы

$$a = \frac{h}{H} = \frac{h}{2r}. \quad (3)$$

Площадь живого сечения потока

$$A = \frac{r^2}{2} (\alpha - \sin \alpha) = k_1 r^2. \quad (4)$$

Смоченный периметр

$$\chi = r\alpha. \quad (5)$$

Гидравлический радиус

$$R = \frac{A}{\chi} = \frac{r}{2} \left(1 - \frac{\sin \alpha}{\alpha}\right) = k_2 r. \quad (6)$$

Из соотношений (1) следует, что гидравлически наивыгоднейшее сечение потока будет при R_{max} . Условие экстремума R

$$\frac{dR}{d\alpha} = -\frac{r}{2} \frac{(\alpha \cos \alpha - \sin \alpha)}{\alpha^2} = 0; \quad \alpha = \operatorname{tg} \alpha. \quad (7)$$

На рис. 2 приведено графическое решение трансцендентного уравнения (7).

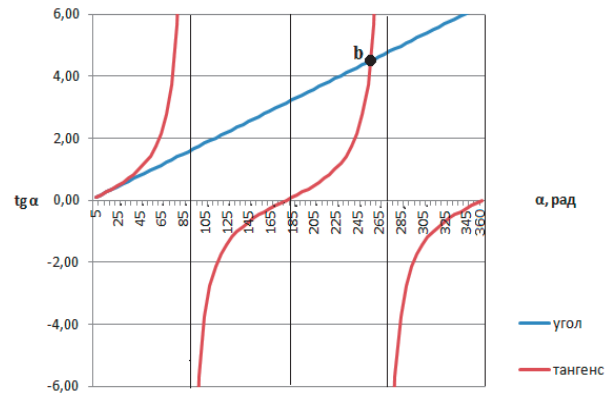


Рис.2. Графическое решение уравнения (7)

Численным решением в области т. в получено значение $\alpha_{\text{опт}} = 257^\circ 31'$.

Ширина потока по урезу воды

$$B = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2} = 2\sqrt{2rh - h^2} = 2r \sin \frac{\alpha}{2}. \quad (8)$$

С учетом коэффициента наполнения трубы a (3), получаем

$$4a^2 - 4a + \sin^2 \frac{\alpha}{2} = 0. \quad (9)$$

Из решения уравнения (9) при $\alpha_{\text{опт}}$, получаем $\alpha_{\text{опт}} = 0,813$.

В таблице приведены результаты расчетов α , k_1 , k_2 при различных значениях коэффициента наполнения a , выполненных по соотношениям (9), (4), (6).

С учетом соотношений (1), (2), (4), (6) скорость и расход потока

$$v = \frac{1}{n} (k_2 r)^{(0,5+1,5\sqrt{n})} \sqrt{i_0} = N v_n;$$

$$Q = k_1 r \frac{1}{n} (k_2 r)^{(0,5+1,5\sqrt{n})} \sqrt{i_0} = M Q_n \dots (10)$$

где v_n , Q_n – скорость и расход потока при полном наполнении трубы ($a=1$);

N , M – коэффициенты соотношения скоростей и расходов при неполном и полном наполнении трубы

$$N = \left(\frac{k_2}{k_{2n}}\right)^{(0,5+1,5\sqrt{n})}; \quad M = \left(\frac{k_1}{k_{1n}}\right) N.$$

α	β , рад	β , град	k_1	k_2	v , м/с	Q , м ³ /с	N	M
0,1	1,29	73,74	0,1635	0,127	0,325	0,00212	0,402	0,0209
0,2	1,85	106,3	0,4473	0,241	0,497	0,00889	0,616	0,0877
0,3	2,32	132,8	0,7927	0,342	0,627	0,01988	0,777	0,196
0,4	2,74	156,9	1,1735	0,428	0,729	0,03419	0,902	0,3371
0,5	3,14	180,0	1,5708	0,500	0,807	0,05072	1,00	0,5000
0,6	3,54	203,1	1,9681	0,555	0,866	0,06814	1,072	0,6717
0,7	3,96	227,2	2,3489	0,592	0,904	0,08489	1,119	0,8369
0,75	4,19	240,0	2,5274	0,603	0,915	0,09246	1,133	0,9115
0,8	4,43	253,7	2,6943	0,608	0,920	0,09911	1,139	0,9770
0,81	4,48	256,6	2,7260	0,609	0,920	0,10030	1,139	0,9887
0,811	4,48	256,9	2,7291	0,609	0,920	0,10042	1,139	0,9899
0,812	4,49	257,2	2,7323	0,609	0,920	0,10053	1,14	0,9910
0,813	4,49	257,5	2,7354	0,609	0,920	0,10065	1,14	0,9922
0,814	4,50	257,8	2,7385	0,609	0,920	0,10076	1,14	0,9933
0,815	4,50	258,1	2,7416	0,609	0,920	0,10088	1,139	0,9944
0,816	4,51	258,4	2,7447	0,609	0,920	0,10099	1,139	0,9955
0,85	4,69	268,9	2,8461	0,607	0,918	0,10448	1,137	1,0300
0,9	5,00	286,3	2,9781	0,596	0,907	0,10807	1,124	1,0654
0,932	5,23	299,5	3,0490	0,583	0,894	0,10905	1,108	1,075
0,936	5,26	301,4	3,0569	0,581	0,892	0,10908	1,105	1,0753
0,937	5,27	301,9	3,0589	0,581	0,892	0,10908	1,104	1,0753
0,938	5,28	302,3	3,0608	0,580	0,891	0,10909	1,104	1,0753
0,939	5,28	302,8	3,0627	0,580	0,890	0,10909	1,103	1,0753
0,94	5,29	303,3	3,0646	0,579	0,890	0,10908	1,102	1,0753
0,945	5,34	305,7	3,0739	0,576	0,887	0,10905	1,099	1,075
0,95	5,38	308,3	3,0829	0,573	0,884	0,10897	1,095	1,0742
1	6,28	360,0	3,1416	0,500	0,807	0,10144	1,000	1,000

В табл.1 приведены расчеты скорости v , расхода Q по соотношению (10) для стальной трубы $r=0,2$ м, $n=0,012$, $i_0=0,002$, коэффициентов N и M при $n=0,012$; на рис. 3 – графики коэффициентов N и M .

Максимальные значения скорости v и коэффициента N при $\alpha = 0,813$. Именно такой режим рекомендуется для сооружений с загрязненными жидкостями, чтобы улучшить транспортирующую способность потока.

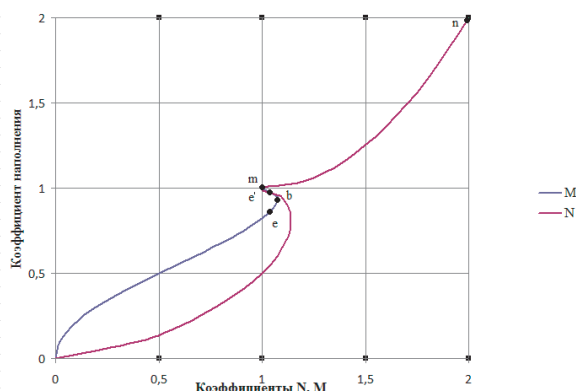


Рис.3. Значения коэффициентов N и M при $n=0,012$

Максимальные значения расхода Q и коэффициента M при $a=0,938$.

Такой режим рекомендуется для сооружений с относительно чистыми жидкостями для обеспечения максимальной пропускной способности сооружения.

При изменении расхода от 0 до Q_{max} (a изменяется от 0 до $a=0,938$, точка b на рис. 3) наблюдаются устойчивые режимы работы гидравлической системы. Из графика коэффициента M видно, что в окрестности точки b при одинаковом расходе Q возможны режимы работы в двух точках e' и e при разных значениях коэффициента наполнения a . Любая физическая система стремится занять устойчивое состояние с минимальной энергией. Поэтому нам представляется устойчивым тот режим, для которого удельная энергия сечения Ξ имеет меньшее значение [1]

$$\Xi = h + \frac{\alpha v^2}{2g} = 2ar + \frac{\alpha Q^2}{2gk_1 r^2},$$

где α коэффициент Кориолиса, для турбулентного режима $\alpha=1,13$.

Сравнение удельных энергий сечения в точках e' и e (в таблице затемнены) показывает $\Xi_{e'} < \Xi_e$. При уменьшении расхода от Q_{max} произойдет снижение a и глубины потока h в трубопроводе.

При $Q > Q_{max}$ пропускной способности трубопровода, работающего в безнапорном режиме, недостаточно, и трубопровод перейдет в напорный режим. На рис.3 зависимость избыточного напора от расхода представлена линией mn . Характеристики труб по прочности обеспечивают их работоспособность, так как избыточные напоры, как правило, невелики. Следует отметить, что в случае невозможности удаления воздуха (труба на входе и выходе работает под уровнем, наличие противоуклонов) труба будет работать в напорном режиме неполным сечением с соответствующим увеличением избыточного напора.

При уменьшении расхода до Q_n и менее труба

перейдет в безнапорный режим при условии доступа воздуха в верхнюю часть трубы. В некоторых сооружениях предусматривают меры, обеспечивающие свободный доступ воздуха. Например, в коллекторах на входе в трубу устанавливаются специальные патрубки, обеспечивающие подвод в достаточном количестве воздуха в область сжатого сечения [2].

Список литературы

1. Константинов Н.М., Петров Н.А., Высоцкий Л.И. Гидравлика, гидрология, гидрометрия: Учеб. для вузов. / Под ред. Н.М. Константинова. – М.: Высш. шк., 1987. – Ч.1. – 304 с.
2. Пособие по гидравлическим расчетам малых водопропускных сооружений. – М.: Транспорт, 1992. – 408 с.

УДК 656.222.05(517)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПОЛИГОНЕ

THE FYFLISYS OF OVERALL PERFORMANS OF LOKOMOTIV CREWS ON THE RAILWAY RANS

Ключевые слова: перевозочный процесс, локомотив, график движения поездов, локомотивная бригада, оперативное планирование.

Keywords: transportation process, locomotive, train schedule, locomotive crew, operational planning.

Аннотация

В работе проведен анализ деятельности локомотивных бригад при разных способах планирования, а также определены непроизводительные потери рабочего времени локомотивных бригад и представлены пути повышения эффективности работы локомотивных бригад.

Annotation

In work the analysis of activity of locomotive crews with the different methods of planning and defined unproductive losses of working time locomotive crews and presents ways of increasing the efficiency of locomotive crews.

Санькова Галина Васильевна

Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
тел. (4212) 40-70-92

Одуденко Татьяна Андреевна

Дальневосточный государственный университет путей сообщения,
тел. (4212) 40-70-92; gvankova@mail.ru

На протяжении всей истории развития железнодорожного транспорта ученые и специалисты

совершенствуют теорию и практику эксплуатационной работы, уделяя при этом всё больше влияния проблемам совершенствования методов нормирования.

В современных условиях система нормирования локомотивного парка во многом определяет порядок работы локомотивов и локомотивных бригад и оказывает существенное влияние на эффективность перевозочного процесса на железнодорожном транспорте, она должна отвечать современным требованиям к качеству перевозок, то есть повышать регулярность бесперебойности и точности перевозочного процесса за счёт своевременного обеспечения поездов локомотивами и локомотивными бригадами. В связи с этим важным элементом повышения качества перевозочного процесса, улучшения использования подвижного состава (в том числе локомотивов) является дальнейшее совершенствование системы управления локомотивами и локомотивными бригадами.

Современные требования к качеству выполнения перевозок диктуют необходимость повышения регулярности пунктуальности и ритмичности эксплуатационной работы за счет внедрения ряда комплексных систем, оптимизация которых влияет на снижение эксплуатационных издержек.

Одной из таких систем является комплексная система обслуживания перевозочного процесса локомотивами и локомотивными бригадами. Эта система содержит широкий круг задач, среди которых:

- эксплуатация локомотивов на участках рациональной протяженности;
- внедрение рациональной системы управления локомотивами и локомотивными бригадами в разных временных периодах и неодинаковой технологии выполнения поездной работы;
- стройная система нормирования локомотивного парка и локомотивных бригад на различные временные периоды (смену, сутки, месяц, график движения поездов и т.д.);
- оптимизация схем и длин участков работы локомотивных бригад;
- порядок явки их на работу;
- методы регулирования локомотивных бригад и способы расчета их потребностей.

В настоящее время эксплуатационные издержки отрасли, связанные с обслуживанием поездов локомотивами и локомотивными бригадами, устройствами локомотивного хозяйства составляют 29% общих издержек.

Поэтому для оптимизации и рационализации перевозочного процесса и необходима разработка надежной системы оперативного планирования работы локомотивов и локомотивных бригад в рамках разрабатываемых сменно-суточных планов поездной работы.

Традиционная технология оперативного планирования работы локомотивов и локомотивных

бригад, как правило, предусматривает разработку плана-задания без увязки со сменно-суточными и текущими планами и планом подвода локомотивов на текущее обслуживание и на ремонты. Такая технология не обеспечивает рационального управления локомотивами и планирования работы локомотивных бригад, что приводит к ухудшению использования тягового подвижного состава и возникновению непроизводительных потерь рабочего времени локомотивных бригад. Локомотивные бригады составляют многочисленную группу работников железнодорожного транспорта – примерно 10%. Организация и планирование труда и отдыха локомотивных бригад является одним из факторов роста их производительности.

Анализ работы сети железных дорог показывает, что в большинстве депо в грузовом движении применяют систему, при которой планируют явку бригад практически на все нитки графика движения поездов. В условиях значительной суточной неравномерности движения поездов, когда фактическое число поездов достигает уровня графиковых лишь в отдельные сутки, неизбежно возникают значительные непроизводительные затраты времени в ожидании работы, что ухудшает режим труда и отдыха бригады.

В значительной мере условия труда и отдыха локомотивных бригад зависят от схем и длин участков их обращения. Так, при плечевой езде принципом обслуживания поездов бригадами из пунктов оборота является правило: «первым прибыл – первым уехал», то есть выбор в обслуживании поездов исключен. Если правило «нарушено», то это приводит не к сокращению времени ожидания работы, а лишь к его перераспределению. Для сокращения времени ожидания возможна «подсылка» бригады в пункт оборота в качестве пассажира.

При таком способе возникают встречные резервные рейсы, что снижает производительность труда локомотивных бригад примерно на 15%. При плечевой езде также возникают задержки отправления готовых составов в пунктах оборота из-за неготовности бригад. Эти задержки составляют примерно 25% от общего числа срывов готовых составов и вызываются ошибками оперативного планирования и необходимостью досылки бригад из пунктов приписки в пункты оборота.

Кроме применяемой системы работы локомотивных бригад, схем и длин участков обращения, ухудшение режима труда и отдыха локомотивных бригад может быть вызвано и другими причинами.

Анализ нарушений режима труда и отдыха локомотивных бригад на железнодорожных участках Дальневосточного региона показал, что за сентябрь 2013 года локомотивными депо допущено 30613 часов непроизводительных потерь рабочего времени, средний рост часов к аналогичному периоду прошлых лет составил 2504 часов (рис.1).



Рис. 1. Анализ непроизводительных времени локомотивных бригад

Увеличение часов непроизводительных потерь допущено всеми локомотивными депо дороги. Значительное увеличение допущено локомотивными депо станций Облучье (25,6%), Сибирцево (22,4%), Комсомольск (58%), Ургал (21%), менее значительное увеличение наблюдалось в локомотивных депо Хабаровск-2 (10%) и Высокогорная (11%).

Причины, вызвавшие потери рабочего времени, можно классифицировать на три группы:

- Простой сверх графика, в том числе:
 - недосодержание парка локомотивов депо (несвоевременная уборка готовых поездов);
 - увеличение объемов путевых работ;
 - увеличение объемов работы;
 - неприяем станциями из-за реконструкции.
- Следование локомотивной бригады «пассажиром».

Непроизводительные потери рабочего времени в основном были допущены из-за непарности и неравномерности обмена поездов в течение суток и в связи с возросшим объемом путевых работ.

- Превышение времени отдыха локомотивной бригады по сравнению с временем работы («переотдых»).

Основная причина роста – это отправление поездов по вариантным графикам в период выполнения ремонтно-строительных работ на перегонах и работа локомотивных бригад на накладных плечах. Руководители дирекции тяги и дирекции по ремонту пути разрабатывают технологическую карту организации работы локомотивных бригад при проведении ремонта объектов инфраструктуры железных дорог. Технологическая карта организации работы локомотивных бригад при проведении ремонта объектов инфраструктуры железных дорог составляется отдельно на каждую заявку дирекции по ремонту пути (или дирекции по ремонту инфраструктуры), согласовывается руководителем дирекции управления движением и утверждается руководителями дирекции тяги и дирекции по ремонту пути (или дирекции по ремонту инфраструктуры).

При планировании ремонтных работ продолжительностью более трех часов инженером отдела предоставления «окон» за сутки до начала про-

изводства работ в адрес локомотивных депо, осуществляющих движение на поездо-участке предоставления ремонтных работ и смежных с ним поездо-участках, передается приказ на продление рабочего времени до продолжительности, установленной приказом начальника дороги «о нормативах непрерывной продолжительности работ локомотивных бригад».

Количество часов «переотдыхов» в целом на дороге возросло по сравнению с предыдущим периодом незначительно (примерно на 105). Возникающие нарушения режима труда и отдыха локомотивных бригад можно сократить за счет:

- стабилизации грузового движения и правильного применения систем явки бригад на работу;
- смешанного обслуживания поездов локомотивами (возможно только на участках с небольшими размерами движения);
- применения накладной езды вместо плечевой езды;
- установления оптимальной длины участков обращения локомотивных бригад;
- качественного оперативного планирования и регулирования локомотивных бригад.

Возникающие потери можно также значительно сократить при внедрении последовательного взаимоувязанного выполнения расчетов по определению наличия локомотивных бригад в пунктах их оборота, в зависимости от планируемых размеров движения на смену. Эти расчеты должны основываться на формировании единой модели дороги и интегрированной базы данных при использовании автоматизированных систем управления для комплексного подхода к решению указанной задачи.

Список литературы

1. Абрамов А.А. Управление эксплуатационной работой: Учебное пособие. Ч. 3. Техническое нормирование и оперативное управление. – М.: РГОТУПС, 2002. – 224 с.
2. Некрашевич В.И., Апатцев В.И. Управление эксплуатацией локомотивов. – М.: РГОТУПС, 2004. – 257 с.
3. Левин Д.Ю. Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом: Учебное пособие. – М.: Маршрут, 2005. – 760 с.
4. Технология организации работы локомотивов в хозяйственном движении при модернизации, производстве капитального ремонта и текущего содержания объектов инфраструктуры. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 4 декабря 2013 г. – № 2671 р.

РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ СТАНДАРТОВ НА РЕМОНТ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ В ОАО «РАЗРЕЗ ТУГНУЙСКИЙ»

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF STANDARDS FOR THE OPEN-PIT DUMP TRUCKS REPAIR FOR THE JSC «RAZREZ TUGNUISKY»

Ключевые слова: стандарт, горно-транспортный участок, авторемонтные мастерские, карьерные автосамосвалы, организация производства.

Keywords: standard, mining-and-transport site, motor vehicle repair shops, open-pit dump truck, industrial engineering.

Аннотация

В статье описан опыт разработки и освоения стандартов на ремонт карьерных автосамосвалов горно-транспортного участка ОАО «Разрез Тугнуйский».

Annotation

The article deals with the development and implementation of standards for the open-pit dump trucks repair of the mining-and-transport site for the Joint Stock Company «Razrez Tugnuisky».

Ушаков Юрий Юрьевич

Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет),
г. Челябинск,
аспирант кафедры «Автомобильный транспорт и
сервис автомобилей», инженер
ООО «НИИОГР»,
yurii-ushakov@mail.ru

ОАО «Разрез Тугнуйский» – ведущее предприятие ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания», являющееся одним из крупнейших угольных разрезов России по добыче каменного угля. В технологии отработки запасов угля используются карьерные автосамосвалы марок БелАЗ и Terex.

Руководство разреза и горнотранспортного участка (ГТУ) с 2012 г. решает задачу повышения эффективности, безопасности и надежности работы карьерного автотранспорта посредством стандартизации ремонтного производства.

Для решения этой задачи была сформирована группа специалистов в составе начальника ГТУ,

его заместителей и механиков, сотрудников ООО «НИИОГР». Группа на основании собственного опыта работы, анализа фактических данных, нормативных требований на ремонт определяет рациональную последовательность выполнения операций, расстановку персонала, комплект необходимых инструментов и запасных частей, уточняет продолжительность выполнения операций по стандартам. При разработке стандартов рассматриваются предложения по изготовлению специальных приспособлений и приобретению оборудования для эффективного и безопасного проведения работ.

После предварительной компоновки стандарта специалист технического отдела ГТУ проводит хронометраж, где отслеживает фактическую последовательность и продолжительность выполнения ремонта, а также фиксирует каждую операцию в виде фотографий. Далее стандарт дорабатывается и уточняется, после чего согласовывается с заместителем исполнительного директора по промышленной безопасности и охране труда, главным механиком, начальником ГТУ и утверждается техническим директором.

В результате проделанной работы на участке за период май 2013 г. – март 2014 г. были разработаны и утверждены 10 стандартов на ремонт основных узлов и агрегатов автосамосвалов БелАЗ-7530, из них 9 заламинированы и размещены в нарядной авторемонтных мастерских (АРМ).

Стандарт имеет типовую структуру, которая включает:

- технологическую карту, в которой описаны и проиллюстрированы основные операции и приемы, инструменты, средства труда и нормы времени;
- описание возможных нештатных ситуаций и последовательность операций по их устранению;
- карты рисков травмирования.

Несмотря на наличие стандартов, наблюдения за процессом ремонта автосамосвалов в феврале 2014 г. (2 смены) показали, что имеются значительные отклонения от утвержденных стандартов (табл. 1).

Таблица 1
Время выполнения ремонта автосамосвалов БелАЗ-7530
по стандарту и фактическое

Наименование работы	Время выполнения		Отклонения	
	по стандарту	по факту	допустимые по стандарту	фактические
Замена цилиндра передней подвески (февраль 2014 г.)	2,0-2,3 ч	5,9 ч	15%	2,6-3,0 раза
Отдельные операции по сборке центрального шарнира передней подвески (февраль 2014 г.)	0,5 ч	12 ч	0%	24 раза

Для анализа причин выявленных отклонений результаты наблюдений фиксировались с использованием сетевых графиков. Пример сетевого гра-

фика на сборку центрального шарнира передней подвески по автосамосвалу БелАЗ-75306 №207 представлен на рис. 1.

По стандарту для выполнения работы на ряд операций по сборке центрального шарнира передней подвески требуется 30 минут. По факту время выполнения этой операции работы за смену составило 360 мин, в том числе простои – 186 мин. По окончании смены сборка узла не была завершена. По данным механика следующей смены на завершение сборки потребовалось еще 360 мин. В итоге отклонения, допустимые по стандарту,

составляют до 15%, в то время как фактические потери по стандартам, на основании которых проводились наблюдения, составили до 24 раз.

Совместно с механиками и рабочими был произведен разбор причин отклонения от разработанных стандартов. Выявлено, что основные потери и дополнительные работы возникают вследствие неэффективной организации труда: неподготовленности рабочего места, поиска необходимого инструмента, незнания эффективных приемов выполнения операций и т.п. (табл. 2).



Условные обозначения:

■ – продолжительность выполнения работ в соответствии со стандартом
■ – продолжительность выполнения работ по факту

↑ ↓ – перемещение персонала при выполнении операций

Рис. 1. Результаты оценки выполнения работ по стандарту на сборку центрального шарнира передней подвески автосамосвала БелАЗ-75306 №207

Неэффективные действия привели к существенным отклонениям от стандарта по времени и последовательности выполнения операций по ремонту, а также к повышению рисков травмирования персонала при выполнении отдельных операций.

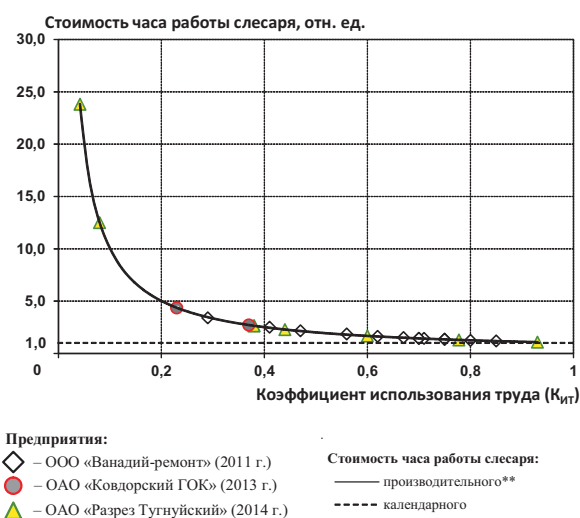
Анализ проведенных исследований на ряде горнодобывающих предприятиях показал, что отклонения от регламентированных параметров проведения ремонта приводят к удорожанию стоимости труда ремонтных рабочих. На рис. 2 представлена зависимость стоимости часа работы ремонтных рабочих от коэффициента использования труда ($K_{ИТ}$) на разных предприятиях горнодобывающей отрасли, который рассчитывается как отношение планируемого времени выполнения операции к фактическому:

$$K_{ИТ} = \frac{T_{пл}}{T_{ф}}$$

где $T_{пл}$ – продолжительность выполнения операций по плану*;

*Продолжительность операций по плану устанавливается в соответствии со стандартами и нормативами.

$T_{ф}$ – продолжительность выполнения операций по факту.



** Под производительным временем понимается время выполнения операций с рациональными параметрами процесса (по А.М. Макарову [2])

Рис. 2. Зависимость стоимости часа работы ремонтных рабочих от коэффициента использования труда

Дополнительные работы	Возможные причины	Предлагаемые решения
Операция – сборка центрального шарнира передней подвески		
Подготовка гидравлического домкрата к работе (30 мин)	1. Отсутствие реальной ответственности у инструментальщика за исправность инструмента. 2. Рабочие не проверяют исправность инструмента при получении. 3. Отсутствие спроса со стороны механика за составление актов при обнаружении неисправности инструмента	Механику необходимо контролировать состояние инструмента. Если домкрат был взят из инструменталки в исправном состоянии, а сдан туда в неисправном, то надо спрашивать с рабочего, который получил данный инструмент. Если же инструмент был изначально неисправен, тогда необходимо разбираться, почему инструментальщик не следит за инструментами, когда он является ответственным за их состояние и по наряд-заданию он обязан осуществлять ремонт инструмента
Подготовка гидроподъемника к работе (14 мин)	Не подготовленность удлинителя гидроцилиндра и шланга со сжатым воздухом	Подготовка рабочими должна осуществляться до начала выполнения работ в соответствии со стандартом. Механик должен проконтролировать выполнение подготовительных операций
Настройка газового резака, отрезание лишнего металла (32 мин)	Наличие излишнего металла при обваривании трещины на рычаге подвески	Данная операция является единичным случаем и требует более тщательного определения количества навариваемого металла при ее выполнении
Остальные дополнительные работы (3 ч 30 мин)	Остальные дополнительные работы, такие как - простои, ожидание принятия решений о дальнейших действиях и т.п.; - поиск ручной тали, установка и подтяжка с помощью нее проушины к кронштейну; - накачивание подвесок азотом для установки пальца, возникли по причине неправильного расположения автосамосвала в боксе в одну из предыдущих смен	Для последующего неповторения подобной ситуации необходимо внести уточнение по правильному расположению автосамосвала в стандарт «Замена проушины центрального шарнира передней подвески на автосамосвале БелАЗ 75306»
ИТОГО: 5 ч 16 мин		
Операция – замена цилиндра передней подвески		
Потери рабочего времени (нерациональные действия, ожидания, переходы и т.п.) (24 мин)	1. Отсутствие у механика, заступающего на смену, информации о наличии на складе запасных агрегатов и узлов. 2. Проверка наличия запасных агрегатов и узлов должен заниматься механик на смене, а не рабочие	1. Продумать процедуру подготовки необходимых запасных частей для проведения ремонтов в предыдущую смену. 2. Рассмотреть возможность облегчения процедуры получения запасных частей со склада. 3. Разработать и начать вести механиками по ремонту журнал учета агрегатов и узлов, имеющих в оборотном фонде
Снятие чехлов, продувка пыли с цилиндра подвески (3 мин)	Данные работы не учтены в стандарте №1	Внести дополнение в стандарт №1
Очистка гайки крепления цилиндра подвески к верхнему кронштейну (30 мин)	Данные работы не учтены в стандарте №1	Внести в качестве нештатной ситуации дополнением к стандарту №1: в зимних условиях необходимо время на очистку гайки от налипшей мерзлой породы
Увеличение времени установки подвески в верхний кронштейн в 12,7 раз (1 ч 45 мин)	На выполнение данного ремонта были поставлены недостаточно опытные рабочие (слесаря 3 и 4 разрядов) в связи с пребыванием в отпуске и отсутствием на смене более опытных слесарей	1. Обучение слесарей по стандарту, прохождение стажировки у более опытных рабочих. 2. Проведение обучения работе по стандартам в учебном комбинате
ИТОГО: 2 ч 42 мин		

Подобная ситуация приводит, как правило, к тому, что на один рубль заработной платы работодатель может получить разное количество производительного труда. Рабочий же при этом за одно и то же количество производительного труда может получить разную оплату [1]. Отсюда можно утверждать, что непроизводительный труд для собственника обходится дорого.

Таким образом, разработка стандартов на ремонтные работы в ОАО «Разрез Тугнуйский» позволила выявить рациональную последовательность и продолжительность выполнения ремонтов карьерных автосамосвалов, оценить возможные опасные ситуации при проведении ремонта и проработать мероприятия по их недопущению. Для того чтобы разработанные стандарты стали инструментом повышения эффективности и безопасности ремонтного производства, необходимо, чтобы организация их применения была взята под особый контроль начальником ГТУ на этапах планирования, подготовки, организации проведения и контроля ремонтов, что позволит упорядочить процессы и повысить уровень безопасности и использования труда ремонтного персонала.

Список литературы

1. Модели повышения эффективности и безопасности производства посредством совершенствования организации и оплаты труда: Отдельная статья Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала) / В.С. Алексенко, Ф.И. Акшенцев, О.Б. Браун, и др. – М.: Изд-во «Горная книга», 2011. – Вып. 17. – 49 с. (Сер. «Б-ка горного инженера-руководителя»).

2 Макаров А.М. Российское угледобывающее предприятие: от существующего к жизнеспособному. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 110 с.

УДК 53.091

ВЛИЯНИЕ ИНЕРТНОЙ НАГРУЗКИ НА РЕАКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

INERT LOADS INFLUENCE TO REACTANCE OF THE PIEZOELECTRIC

Ключевые слова: инертная нагрузка, пьезоэлектрический преобразователь, индуктивное сопротивление.

Keywords: inertial load, piezoelectric transducer, inductive resistance.

Аннотация

Показано, что инертная нагрузка пьезоэлектрического преобразователя может быть представлена в виде индуктивного сопротив-

ления в его цепи питания. Предложена модель колебательной системы с элементами различной физической природы, в которой могут возникать свободные гармонические колебания. Показано, что в инертно-емкостной (mC) колебательной системе происходит взаимное превращение энергии электрического поля конденсатора в кинетическую энергию массивного элемента.

Annotation

It is shown that the inertial load of the piezoelectric transducer may be provided as an inductive resistance in its power supply circuit. A model of the oscillatory system with elements of different physical nature, which may occur free harmonic oscillations. It has been shown that in an inert capacitive (mC) oscillating system there is a mutual conversion of electric field energy into the kinetic energy of the massive element.

Попов Игорь Павлович

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева,
аспирант

Чарыков Виктор Иванович

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева,
профессор кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Соколов Сергей Александрович

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева,
ст. преподаватель кафедры «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

Попов Дмитрий Павлович

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева,
инженер,

тел. (3522) 42-94-58; popov_ip@kurganobl.ru

В настоящее время на предприятиях транспортного машиностроения широко внедряются системы автоматизации, в том числе роботизированные комплексы. В составе таких систем в качестве датчиков и высокоточных приводов используются, в частности, пьезокерамические электро-механические преобразователи [1–3]. Актуальной задачей является выявление влияния инертной нагрузки преобразователей на реактивное сопротивление их электрических цепей и вытекающей из этого возможности возникновения свободных гармонических колебаний, которые могут иметь как отрицательное, так и положительное воздействие на систему в целом.

В литературе нет непосредственного решения этой задачи. Предпосылкой ее решения является одна из двух систем аналогий между электромагнитными и механическими величинами [4], в соответствии с которыми масса связана дуальным соотношением с индуктивностью

$$m \Rightarrow L.$$

Однако дуальная связь не является функциональной, поскольку охватываемые ею величины относятся к изолированным друг от друга систе-

мам. Поэтому указанное соотношение само по себе не дает оснований рассматривать механическую величину «масса» в качестве параметра электрических цепей.

Целью настоящей работы является представление инертной нагрузки в виде индуктивного сопротивления в электрической цепи пьезоэлектрического преобразователя и обоснование возможности возникновения свободных гармонических колебаний при подключении к нему конденсатора.

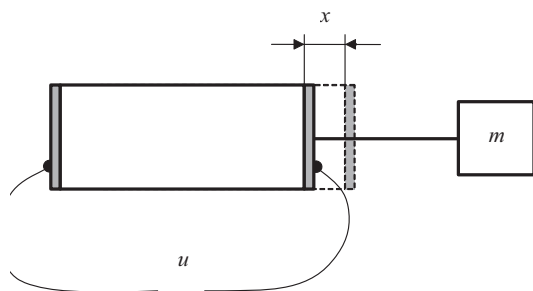


Рис. 1. Пьезоэлектрический преобразователь с инертной нагрузкой

На рис. 1 изображен пьезоэлектрический преобразователь с инертной нагрузкой массой m . Работа преобразователя основана на прямом и обратном пьезоэффектах [5].

Прямой пьезоэффект проявляется в том, что на обкладках пьезоэлемента при его деформации x появляется электрический заряд q :

$$q = d_1 x, \quad (1)$$

где d_1 – пьезомодуль. При подаче на обкладки напряжения u пьезоэлемент деформируется и развивает усилие F . В этом заключается обратный пьезоэффект:

$$F = d_2 u. \quad (2)$$

Для выявления характера реактивного сопротивления цепи питания преобразователя, в виде которого представлена инертная нагрузка, целесообразно абстрагироваться от собственных емкости, индуктивности, массы и упругости пьезоэлемента, потерь на трение и активное сопротивление.

Пусть на обкладки пьезоэлемента подается напряжение u . В соответствии с третьим и вторым законами Ньютона, а также с учетом (2)

$$F = d_2 u = m \frac{d^2 x}{dt^2}. \quad (3)$$

Первая и вторая производные (1)

$$\frac{dq}{dt} = i = d_1 \frac{dx}{dt},$$

$$\frac{d^2 q}{dt^2} = \frac{di}{dt} = d_1 \frac{d^2 x}{dt^2}. \quad (4)$$

Пусть для компактности

$$d_1 d_2 = z$$

(3) с учетом (4) принимает вид:

$$u = \frac{m}{z} \frac{di}{dt}.$$

Сравнение этого выражения с напряжением на катушке индуктивности

$$u = L \frac{di}{dt}$$

$$\text{дает } L_m = \frac{m}{z},$$

где L_m – инертная индуктивность. Для сравнения, инертная нагрузка индуктивных электромеханических преобразователей обуславливает противоположный характер реактивности – емкостный [6; 7].

Для электрической цепи инертная (искусственная) индуктивность L_m неотличима от «натуральной» индуктивности L . При соединении преобразователя, обладающего инертной индуктивностью, с конденсатором образуется колебательная система, в которой могут возникать свободные гармонические колебания.

Собственная частота колебаний автономной консервативной инертно-емкостной (mC) системы

$$\omega_{mC0} = \frac{1}{\sqrt{L_m C}} = \sqrt{\frac{z}{mC}}.$$

Сравнение этого выражения с формулой для частоты пружинного маятника

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

позволяет определить искусственную или «емкостную упругость»

$$k_C = \frac{z}{C}.$$

Таким образом, инертная нагрузка пьезоэлектрического преобразователя может быть представлена в виде индуктивного сопротивления в его цепи питания.

Пьезоэлектрический преобразователь с инертной нагрузкой запасает *кинетическую энергию инертного элемента*, чем отличается от катушки индуктивности, которая запасает *энергию магнитного поля*. Вместе с тем он воспринимается цепью как индуктивное устройство, поэтому может рассматриваться как объект с искусственной (инертной) индуктивностью.

При соединении преобразователя, обладающего искусственной индуктивностью, с конденсатором образуется колебательная система, в которой могут возникать свободные гармонические колебания. При этом происходит взаимное превращение энергии электрического поля конденсатора в кинетическую энергию инертного элемента, т.е. взаимодействие величин различной физической природы, что принципиально отличает их от колебательных систем с однородными элементами [8–10].

Образование подобных колебательных систем в устройствах автоматики может приводить к резонансным явлениям и иметь негативные последствия.

Перспективными для робототехники являются индуктивно-емкостные электромеханические преобразователи, использующие магнитострикционный и пьезоэлектрический эффекты. Такие преобразователи способны обеспечивать высокоточные трехмерные перемещения. Их наивысшие энергетические показатели обеспечиваются в режиме электромеханического резонанса, в частности, при реализации инертно-емкостной (mC) колебательной системы, что является примером ее положительного воздействия.

Список литературы

1. Попов И.П. Об одном свойстве пьезоэлектрического преобразователя с упругой нагрузкой // *Высокие технологии в машиностроении: Материалы Международной научно-технической конференции*. – Курган: Изд-во КГУ, 2012. – С. 206–208.
2. Попов И.П. Переходный процесс при подключении пьезоэлектрического преобразователя с инертной нагрузкой к источнику постоянного напряжения // *Вестник Курганского государственного университета. Технические науки*. – 2013. – Вып. 8. – № 2(29). – С. 82, 83.
3. Попов И.П. Зависимость реактивного сопротивления пьезоэлектрического преобразователя от механических параметров его нагрузки // *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. – 2013. – № 5 (87). – С. 94–98.
4. Попов И.П. Реализация частной функциональной зависимости между индуктивностью и массой // *Российский научный журнал*. – 2012. – № 6(31). – С. 300, 301.
5. Попов И.П. Функциональная связь между индуктивностью и массой, емкостью и упругостью // *Вестник Забайкальского государственного университета*. – 2013. – № 02(93). – С. 109–114.
6. Попов И.П. Реактивные элементы электрических цепей с «неэлектрическими» параметрами // *Вестник Самарского государственного технического университета. Технические науки*. – 2010. – №4(27). – С. 166–173.
7. Попов И.П. Свободные гармонические колебания в системах с элементами различной физической природы // *Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова*. – 2012. – Т. 18, № 4. – С. 22–24.
8. Попов И.П. Свободные гармонические колебания в системах с однородными элементами // *Прикладная математика и механика*. – 2012. – Т. 76. – Вып. 4. – С. 546–549.
9. Попов И.П. Свободные гармонические колебания в электрических системах с однородными реактивными элементами // *Электричество*. – 2013. – № 1. – С. 57–59.
10. Попов И.П. Колебательные системы, состоящие только из инертных или только упругих элементов, и возникновение в них свободных гармонических колебаний // *Вестник Томского государственного университета. Математика и механика*. – 2013. – № 1(21). – С. 95–103.

УДК 621.928.89

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОНЦЕНТРАТОРА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЖЕЛЕЗООТДЕЛИТЕЛЯ

JUSTIFICATION CONSTRUCTION MAGNETIC FIELD ELECTROMAGNETIC ZHELEZOOTDELITELI

Ключевые слова: электромагнитное поле, концентратор, сепарация, факторы, математическая модель, диаметр, окружность.

Keywords: electromagnetic field, concentrator, separation, factors, mathematical model, diameter, circumference.

Аннотация

Предложены конструкции концентраторов магнитного поля для электромагнитных железоотделителей просыпного типа в виде окружности и овала. В качестве математической модели процесса, описывающей влияние указанных концентраторов на создание электромагнитной индукции в рабочей зоне железоотделителя, использован полином второй степени. Для получения математической модели процесса в виде полинома второй степени использовался некомпозиционный план второго порядка.

Abstract

Designs of magnetic field concentrators for electromagnetic iron separators prosyynogo type in the form of a circle and an oval. As a mathematical model of the process, describing the impact of these hubs to create electromagnetic induction in the working zone of iron, used second-degree polynomial. To obtain a mathematical model of a second-degree polynomial was used The Non plan second order.

Чарыков Виктор Иванович

Курганская государственная
сельскохозяйственная
академия им. Т.С. Мальцева,
д-р техн. наук, профессор,
тел.(835231)4-41-42; Viktor52-chimesh@yandex.ru

Соколов Сергей Александрович

Курганская государственная
сельскохозяйственная
академия им. Т.С. Мальцева,
канд. техн. наук, доцент

Копытин Игорь Иванович

Курганская государственная
сельскохозяйственная
академия им. Т.С. Мальцева,
доцент

В электромагнитных железоотделителях серии УСС (установка сухой сепарации) предлагается

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Кодовое обозначение	Интервалы варьирования	Уровни факторов		
			Основной 0	Верхний +1	Нижний -1
D – диаметр отверстий, мм	x_1	8	13	21	5
t – расстояние между отверстиями, мм	x_2	4	4	8	0
U – напряжение питания электромагнита, В	x_3	20	30	50	10

использовать для создания неоднородного магнитного поля концентраторы с отверстиями («дырочные» концентраторы) [1]. Дырочные концентраторы имеют существенное преимущество перед горизонтальными и вертикальными концентраторами: они просты в изготовлении, имеют большую длину концентрирующих участков. В то же время создание магнитной индукции в них происходит несколько иначе, и потому они требуют специального изучения для определения оптимальных размеров диаметров отверстий и расположения этих отверстий в полюсных наконечниках, т.е. расстояний между отверстиями. Нами в процессе изучения влияния дырочных концентраторов на создание магнитной индукции использовалось рядное расположение отверстий, а не шахматное, как часто используют в других видах работ. В этом случае основными факторами, влияющими на величину магнитной индукции, создаваемой дырочными концентраторами, будут следующие: D – диаметр отверстий, мм, t – расстояние между отверстиями, мм, U – напряжение питания катушки электромагнита, В [2].

Эти факторы варьировались нами в широких пределах, величина которых представлена в табл. 1. Для того чтобы можно было использовать математический аппарат методики активного планирования эксперимента, эти факторы были закодированы.

В качестве математической модели процесса, описывающей влияние указанных факторов на создание электромагнитной индукции в полюсных наконечниках с дырочными концентраторами, был использован полином второй степени. Для получения математической модели процесса в виде полинома второй степени использовался некомпозиционный план второго порядка, матрица которого представлена в табл. 2.

Значения величины магнитной индукции были получены как средние величины из $20 \div 25$ измерений. По данным этих опытов, согласно матрице планирования, получена математическая модель процесса, характеризующая зависимость электромагнитной индукции « B » от исследуемых факторов. Эта модель представлена полиномом второй степени:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{33}x_3^2. \quad (1)$$

Таблица 2

Матрица планирования и результаты опытов

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	y
1	+	+	+	0	+	0	0	+	+	0	184
2	+	+	-	0	-	0	0	+	+	0	132
3	+	-	+	0	-	0	0	+	+	0	128
4	+	-	-	0	+	0	0	+	+	0	138
5	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101
6	+	+	0	+	0	+	0	+	0	+	204
7	+	+	0	-	0	-	0	+	0	+	142
8	+	-	0	+	0	-	0	+	0	+	126
9	+	-	0	-	0	+	0	+	0	+	140
10	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
11	+	0	+	+	0	0	+	0	+	+	176
12	+	0	+	-	0	0	-	0	+	+	122
13	+	0	-	+	0	0	-	0	+	+	116
14	+	0	-	-	0	0	+	0	+	+	124
15	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87

Коэффициенты математической модели согласно принятой нами методике планирования активного эксперимента определялись по следующим формулам:

$$b_0 = \frac{1}{3} \sum_{u=1}^3 y_{0u}, \quad b_i = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^{15} x_{ij} y_j,$$

$$b_{il} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{15} x_{ij} x_{lj} y_j,$$

$$b_{ij} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{15} x_{ij}^2 y_j - \frac{1}{16} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{15} x_{ij}^2 y_j - \frac{1}{6} \sum_{u=1}^3 y_{0u}, \quad (2)$$

где y_{0u} означает значение величины магнитной индукции «В» в центре плана, т.е. значения «у» в 5-м, 10-м и 15-м опытах, а в кодированном обозначении $x_1 = x_2 = x_3 = 0$;

j – номер опыта в матрице планирования,

i, l – номера факторов, x_{ij}, x_{lj} – кодированные значения i -го и l -го факторов в j -м опыте, y_j – значение электромагнитной индукции «В» в j -м опыте. Число факторов в наших опытах равно 3.

Величины, стоящие перед суммами, т.е.

$\frac{1}{3}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{16}, \frac{1}{6}$ – это константы, зависящие от числа факторов, т.е. в нашем случае от $k=3$.

При определении коэффициентов модели значения сумм, входящих в формулы (2), оказались следующими.

$$\sum_{u=1}^3 y_{0u} = 282; \quad \sum_{j=1}^{15} x_{1j} y_j = 130;$$

$$\sum_{j=1}^{15} x_{2j} y_j = 100; \quad \sum_{j=1}^{15} x_{3j} y_j = 94;$$

$$\sum_{j=1}^{15} x_{1j} x_{2j} y_j = 62; \quad \sum_{j=1}^{15} x_{1j} x_{3j} y_j = 76;$$

$$\sum_{j=1}^{15} x_{2j} x_{3j} y_j = 62; \quad \sum_{j=1}^{15} x_{1j}^2 y_j = 1194;$$

$$\sum_{j=1}^{15} x_{2j}^2 y_j = 1120; \quad \sum_{j=1}^{15} x_{3j}^2 y_j = 1150;$$

$$\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{15} x_{ij}^2 y_j = 3464.$$

После подстановки полученных сумм в формулы (2) получим следующие значения коэффициентов уравнения регрессии, представляющего математическую модель для полюсных наконечников с дырочными концентраторами:

$$b_0 = \frac{1}{3} y_{0u} = \frac{1}{3} * 282 = 94;$$

$$b_1 = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^{15} x_{1j} y_j = \frac{1}{8} * 130 = 16.25;$$

$$b_2 = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^{15} x_{2j} y_j = \frac{1}{8} * 100 = 12.5;$$

$$b_3 = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^{15} x_{3j} y_j = \frac{1}{8} * 94 = 11.75;$$

$$b_{13} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{15} x_{1j} x_{3j} y_j = \frac{1}{4} * 76 = 19;$$

$$b_{23} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{15} x_{2j} x_{3j} y_j = \frac{1}{4} * 62 = 15.5;$$

$$b_{11} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{15} x_{1j}^2 y_j - \frac{1}{16} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{15} x_{ij}^2 y_j - \frac{1}{6} \sum_{u=1}^3 y_{0u} = \frac{1}{4} * 1194 - \frac{1}{16} * 3464 - \frac{1}{6} * 282 = 35.0;$$

$$b_{22} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{15} x_{2j}^2 y_j - \frac{1}{16} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{15} x_{ij}^2 y_j - \frac{1}{6} \sum_{u=1}^3 y_{0u} = \frac{1}{4} * 1120 - \frac{1}{16} * 3464 - \frac{1}{6} * 282 = 16.5;$$

$$b_{33} = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^{15} x_{3j}^2 y_j - \frac{1}{16} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{15} x_{ij}^2 y_j - \frac{1}{6} \sum_{u=1}^3 y_{0u} = \frac{1}{4} * 1150 - \frac{1}{16} * 3464 - \frac{1}{6} * 282 = 24.0.$$

Сравнивая значения коэффициентов $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$ с соответствующими дове-

нительными интервалами, видим, что все коэффициенты оказались больше доверительных интервалов. Поэтому все они являются значимыми и ни один из них нельзя исключить из уравнения регрессии (1), являющейся математической моделью для дырочных концентраторов.

Подставляя в уравнения регрессии (1) значения найденных коэффициентов, получим следующее уравнение модели для исследуемых полюсных наконечников с дырочными концентраторами:

$$y = 94 + 16.25x_1 + 12.5x_2 + 11.75x_3 + 15.5x_1x_2 + 19x_1x_3 + 15.5x_2x_3 + 35x_1^2 + 16.5x_2^2 + 24x_3^2 \quad (3)$$

Для выяснения адекватности полученной математической модели, т.е. сходимости экспериментальных данных к расчетным, определили расчетные значения величин «у» уравнения регрессии (1).

Адекватность математической модели проверялась по f-критерию Фишера.

Анализ уравнения (1) показал, что наибольшая эффективность очистки сухих сыпучих сельскохозяйственных продуктов достигается при использовании концентраторов с отверстиями диаметром 18 мм, ширине перешейка 9 мм, величине подводимого напряжения 50В.

Концентраторы «дырочной» конструкции применены в железоотделителях УСС-1, УСС-4, УСС-5М. В железоотделителе УСС-5М2 форма концентратора была изменена на овальную. Как показали исследования, длина концентрирующей окружности увеличилась до 72 мм (рис. 1).

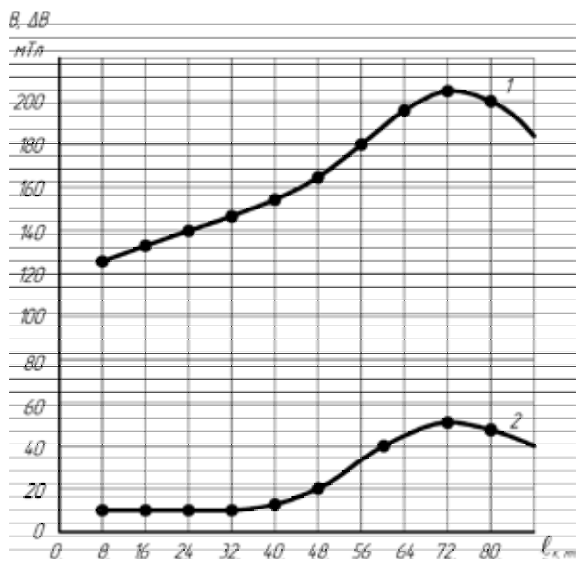


Рис. 1. Зависимость B (кривая 1) и ΔB (кривая 2) от длины концентрирующей окружности при $d = 15$ мм

Экспериментально установлено, что при неизменном напряжении питания намагничивающей катушки, но при разных длинах окружность концентрирующих отверстий, величина магнитной индукции B на одних и тех же горизонталях изме-

нялась, имея максимальное значение при $l_k = 72$ мм. При этой же величине l_k достигается максимум величины ΔB – разности величины магнитной индукции на концентраторе и ее установившегося значения в безградиентной зоне (рис. 2).

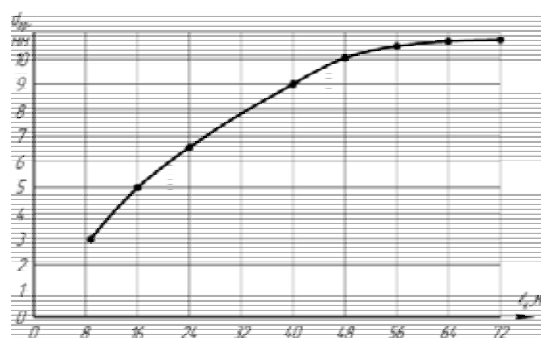


Рис. 2. Зависимость величины градиентной зоны от длины концентрирующей окружности отверстия

Из теоретических исследований следует, что отделение металлических частиц происходит только в градиентной зоне, т.е. в зоне, где магнитная индукция носит изменяющийся характер. Величина градиентной зоны также зависит от длины концентрирующих окружностей отверстий. На рис. 2 представлена данная зависимость.

Количество отверстий на активном полюсе зависит от расстояния между ними. На рис. 3 представлена зависимость оптимального размера перешейка между отверстиями от длины концентрирующей окружности при B_{max} .

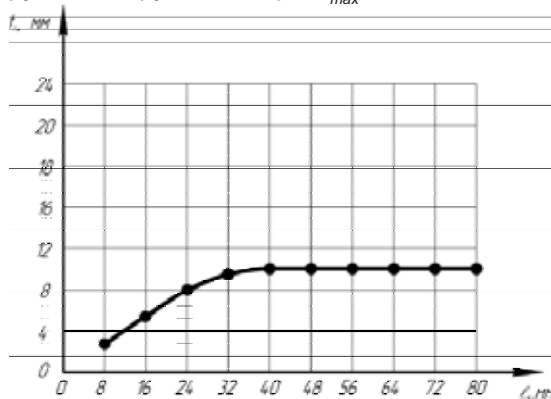


Рис. 3. Зависимость размера перешейка между отверстиями от длины их окружности

Анализ зависимости $t_n = f(l_k)$ при B_{max} показывает, что при увеличении длины концентрирующей окружности расстояние между отверстиями также увеличивают и при $t_n = 10$ мм остается постоянным.

Список литературы

1. Чарыков В.И., Зуев В.С., Маянцев А.В. и др. Вопросы теории и инновационных решений при конструировании электромагнитных железоотделителей. – Курган: Изд-во КГУ, 2010. – 238 с.
2. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. – М.: Колос, 1973. – С. 58-74.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА УКЛАДКИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ АСФАЛЬТОУКЛАДЧИКОМ

MODELLING OF WORKING PROCESS OF LAYING OF THE ASPHALT CONCRETE MIXTURE BY THE ASPHALT SPREADER

Ключевые слова: асфальтоукладчик, система управления, имитационное моделирование, MATLAB.

Keywords: asphalt spreader, control system, imitating modeling, MATLAB.

Аннотация

В статье рассмотрена блок-схема сложной динамической системы рабочего процесса укладки асфальтоукладчиком асфальтобетонной смеси с требуемой ровностью. Также разработана математическая модель сложной динамической системы рабочего процесса асфальтоукладчика, позволяющая провести анализ и синтез параметров рабочего процесса согласно поставленным целям.

Annotation

In article the flowchart of difficult dynamic system of working process of laying by an asphalt spreader of an asphalt concrete mixture with demanded flatness is considered. As the mathematical model of difficult dynamic system of working process of the asphalt spreader, allowing to carry out the analysis and synthesis of parameters of working process according to goals is developed.

Милюшенко Сергей Анатольевич

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия,
доцент, канд. техн. наук

Шерстнев Никита Сергеевич

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия,
аспирант кафедры АППиЭ,
тел. (3812) 65-04-55; kashei_55rus@mail.ru

Асфальтоукладчик (АУ) – это агрегат, от которого зависит ровность дорожного покрытия и соответствие уклонов на виражах предписываемому скоростному режиму движения. Это сложная линейная дорожно-строительная машина. Асфальтоукладчики предназначены для укладки слоев асфальтобетонного покрытия, включающей распределение и предварительное уплотнение асфальтобетонной смеси по нижележащему слою дорожной одежды [3].

Конструкцией всех современных асфальтоук-

ладчиков предусмотрена возможность автоматического управления процессами подачи, распределения и укладки материала дорожной одежды. Качественное строительство покрытия невозможно выполнить без использования для управления рабочим органом укладчика автоматики нивелирования, кроме небольших по площади, разрозненных участков. При строительстве несложных объектов на укладчике устанавливают, как минимум, датчики контроля подачи материала на распределительный шнек, датчик уклона, контролирующий угол наклона плиты к горизонту, один или два датчика высоты, контролирующих толщину укладываемого слоя. На ответственных объектах, особенно на укладке широкой полосы дорожной одежды, при раздвинутой плите, используют более сложные системы автоматики нивелирования. Автоматическая система управления (АСУ) для асфальтоукладчиков и других строительно-дорожных машин (СДМ) по способу передачи и обработки управляющего сигнала делится на цифровую и аналоговую. Цифровые приборы создаются с учетом максимального использования последних достижений в области компьютерных технологий. Системы автоматики нивелирования, комплектуемые на их основе, универсальны, многофункциональны, предоставляют возможность применения различных сочетаний датчиков. Например, в один комплект АСУ может входить ультразвуковой бесконтактный датчик высоты и датчик-приемник лазерных плоскостей [2].

Технический контроль устройства асфальтобетонных покрытий городских улиц и дорог осуществляется в полном соответствии с требованиями утвержденных проектов и действующих нормативно-технических документов. Технический контроль включает лабораторные определения показателей свойств и качества асфальтобетонных покрытий, методы проведения которых предусмотрены в технических условиях и ведомственных строительных нормах [1; 4]. В процессе устройства асфальтобетонного покрытия и в период его формирования контролируют:

- а) качество восстановления разрытий;
- б) ровность, плотность и состояние основания, правильность установки бортовых камней, решеток и крышек люков колодцев подземных сетей;
- в) температуру смеси на всех стадиях устройства покрытия;
- г) ровность и равномерность толщины устраиваемого слоя с учетом коэффициента уплотнения;
- д) режим уплотнения;
- е) качество сопряжения полос асфальтобетонного покрытия;
- ж) соответствие поперечного и продольного уклонов проекту.

Таблица 1
Значения поперечного уклона дорожного покрытия для
дорог категорий I...V и климатических зон I...V

Категория дороги	Поперечный уклон, %			
	Дорожно-климатические зоны			
	I	II, III	IV	V
I-а и I-б: а) при двускатно м поперечно м профиле каждой проезжей части	15	20	25	15
б) при односкатн ом профиле:				
- первая и вторая полосы от разделе льной полосы	15	20	20	15
- третья и последую щие полосы	20	25	25	20
II – IV	15	20	20	15

Целью исследования являются оптимизация тягового режима асфальтоукладчика и обеспечение требуемой точности рабочего процесса укладки асфальтобетонной смеси и требуемого качества дорожного покрытия.

Для достижения поставленной цели была разработана блок-схема рабочего процесса асфальтоукладчика, состоящая из нескольких подсистем (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема рабочего процесса асфальтоукладчика

Представленная блок-схема рабочего процесса асфальтоукладчика, включает в себя два основных блока: систему управления (СУ), асфальтоукладчик (АУ).

СУ представлена подсистемами: датчиком параметров асфальтобетонного покрытия, контроллером.

АУ представлен подсистемами: гидроприводом, двигателем внутреннего сгорания, рамой, ходовым оборудованием, рабочим органом.

При перемещении асфальтоукладчика по подготовленной поверхности, неровности макрорельефа воздействуют на ходовое оборудование (M_1), вызывая неуправляемые перемещение рамы (M_2) и изменение вертикальной координаты рабочего органа (O_1). Изменение вертикальной координаты рабочего органа влияет на толщину асфальтобетонной смеси (O_2) и силу реакции асфальтобетонной смеси на рабочий орган (O_3). Эта сила передается через раму (O_4) на ходовое оборудование (M_4), изменяя при этом момент сопротивления вращению колес. Изменение положения машины в пространстве вследствие воздействия макрорельефа на ходовое оборудование (M_1) также влияет на изменения момента сопротивления вращению колес. Полный момент сопротивления перемещению ходового оборудования (M_5) преобразуется трансмиссией в момент сопротивления на валу двигателя внутреннего сгорания (O_{12}). Двигатель внутреннего сгорания передает через трансмиссию на ходовое оборудование угловую скорость вращения (O_{13}) и приводит в движение ходовое оборудование, обеспечивая перемещение асфальтоукладчика в пространстве (O_5). Блок системы управления при помощи датчика считывает угловую скорость вращения вала двигателя внутреннего сгорания (O_8) и передает эти сведения на контроллер (O_9). Контроллер, в соответствии с алгоритмом управления, вырабатывает управляющие сигналы на исполняющий гидропривод (O_7). Гидропривод изменяет настройку по частоте регулятора двигателя внутреннего сгорания (O_6), что приводит к стабилизации тягового режима. Человек-оператор на всем протяжении рабочего процесса визуально оценивает его параметры (M_3), также воспринимает информацию системы управления (O_{11}) и может воздействовать на нее (включать, выключать) (O_{10}).

Разработанная блок-схема рабочего процесса асфальтоукладчика позволяет составить математическую модель в программном продукте MATLAB расширении Simulink (рис. 2).

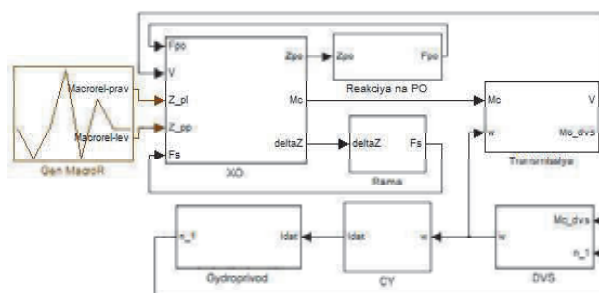


Рис. 2. Математическая модель рабочего процесса асфальтоукладчика в обозначениях MATLAB Simulink

Разработанная математическая модель позволяет осуществить анализ параметров рабочего процесса АУ и провести синтез параметров системы управления в соответствии с поставленными целями.

Список литературы

1. Милушенко С.А. Совершенствование системы управления выглаживающей плитой асфальтоукладчика, обеспечивающей геометрическую точность асфальтобетонного покрытия: Дисс. ... канд. техн. наук. – Омск: СибАДИ, 2008. – 164 с.
2. URL: <http://www.docload.ru/Basesdoc/8/8280/index.htm>
3. URL: <http://machinepedia.org/index.php/>
4. Инструкция по строительству дорожных асфальтобетонных покрытий ВСН 14-95, Мостстройлицензия. – М., 1989.

УДК.622.279.7

СПЕЦИФИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В КОЛТЮБИНГОВЫХ ТРУБАХ МАЛОГО ДИАМЕТРА

SOME FEATURES OF DETERMINE HYDRAULIC LOSSES IN COILED TUBING SMALL DIAMETER PIPES

Ключевые слова: гибкая труба, гидравлические сопротивления, колтюбинговые установки, гидравлические потери давления, предел прочности, износ, объемный расход жидкости.

Keywords: flexible pipes, hydraulic friction, coiled tubing, hydraulic pressure drops, strength limit, fatigue wear, volumetric flow rate.

Аннотация

В статье приведены результаты анализа влияния различных факторов на потери давления в гидравлической системе колтюбинговой установки. Выявленные закономерности позволяют описать характер течения различных жидкостей внутри гибких труб при проведении операций на скважине. Также выявлены граничные условия, позволяющие определять оптимальный объемный расход жидкости для получения эффективного перепада давления на забое.

Annotation

The results of the analysis of the influence of different factors to pressure drops in the coiled tubing circulation system there are in the article. Regularities that have been identified, allow describing the nature of the flow of liquids in a flexible pipes for the well operations. Also identified the boundary conditions for defining the optimum volumetric flow rate to obtain an effective pressure drop across the bottom hole.

Земляной Александр Андреевич

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
ассистент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
AAZemlyanoy@yandex.ru

Долгушин Владимир Алексеевич

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
ассистент кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин»,
rado25@yandex.ru

Голофаст Сергей Леонидович

Тюменский государственный нефтегазовый университет,
д-р техн. наук, профессор кафедры «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности»,
trasser@mail.ru

При проведении ремонта скважины с помощью колтюбинговых установок важным моментом для обеспечения высокой эффективности работ является правильный подбор технологических жидкостей и режимов их закачивания.

Спецификой применяемых в России колтюбинговых установок является малое проходное сечение (наружный диаметр не более 50,8 мм) гибких труб (ГТ), что приводит к возникновению в них значительных гидравлических потерь давления.

Особенность конструкции колтюбинговых установок вызывает необходимость прокачивать технологические жидкости через всю колонну гибких труб (включая ту часть, которая намотана на барабан), поэтому возникающие в колонне ГТ гидравлические потери давления не зависят от глубины скважины. При этом дополнительные гидравлические сопротивления, вызванные искривлением намотанной на барабан части трубы, малы в связи с большой величиной отношения диаметра барабана к диаметру трубы и при расчете циркуляционной системы ими пренебрегают [2].

Первостепенное значение при выборе правильного подхода к определению потерь давления в циркуляционной системе имеет тип применяемого флюида, к которому при использовании ГТ предъявляются следующие требования [1; 3]:

- динамическая вязкость и плотность составов должна позволить прокачать его в турбулентном режиме через всю длину ГТ при давлении нагнетания, не превышающем предела прочности материала труб;

- при использовании составов, изменяющих свою структуру, – сроки начала схватывания или гелеобразования должны не менее чем в 2 раза превышать время прокачки всего объема находящегося в ГТ для обеспечения возможности промывки скважины;

- составы не должны обладать ярко выраженными тиксотропными свойствами, так как любая, даже непродолжительная остановка в процессе закачки может привести к значительному росту гидравлических сопротивлений и, как след-

ствие, привести в негодность ГТ.

Дополнительным ограничивающим фактором при проведении гидравлического расчета циркуляционной системы колтюбинговой установки является выполнение условия сохранения прочности трубы под воздействием избыточного внутреннего давления. Помимо этого значительное влияние на долговечность трубы оказывают радиус ее изгиба и давление технологической жидкости. Причем последний фактор в определенном диапазоне его значений определяет фактический ресурс безопасной эксплуатации ГТ.

Таким образом, можно выделить несколько основных параметров, которые оказывают влияние на характер течения жидкости в ГТ:

- реологические показатели прокачиваемого флюида (плотность и вязкость);
- технические характеристики ГТ (диаметр, длина, шероховатость);
- режимно-технологические параметры процесса закачивания (давление нагнетания и объемный расход).

Однако количественно не все из них могут быть изменены при проведении работ. Например, технические характеристики ГТ устанавливаются для конкретной колтюбинговой установки и могут принимать другое значение только в случае замены либо самой установки, либо трубы, намотанной на барабан. Эти параметры принимаются как исходные данные для последующих расчетов. Варьированием значений остальных из перечисленных параметров можно оказывать значительное влияние на характер течения жидкости в ГТ и тем самым повышать эффективность проведения работ. При этом на диапазон изменения перечисленных параметров накладываются ограничения, связанные с механическими характеристиками материала ГТ и условием сохранения сплошности потока.

При проведении технологических операций в скважине необходимо создавать на забое давление, которое в общем случае будет определяться геологическими параметрами продуктивного пласта и видом проводимых ремонтных работ. Для обеспечения требуемого перепада давления необходимо определить взаимосвязь между параметрами, характеризующими поток жидкости в ГТ.

Для определения фактического давления на выходе из ГТ воспользуемся уравнением, описывающим распределение давлений в циркуляционной системе колтюбинговой установки [5]:

$$P_3 = P_H + P_{гст} - \Delta P, \quad (1)$$

где P_3 – забойное давление, Па;

P_H – давление нагнетания, Па;

$P_{гст}$ – гидростатическое давление на глубине спуска ГТ, Па;

ΔP – суммарные гидравлические потери, Па.

Гидравлические потери складываются из потерь по длине трубы, обусловленных трением, и

потерь на местные сопротивления, которые имеются в узлах обвязки манифольда колтюбинговой установки в местах срачивания ГТ, а также в компоновке низа колонны. В работе [6] приведены результаты экспериментального определения гидравлических сопротивлений в узлах циркуляционной системы ГТ, на основе которых можно сделать вывод, что наибольшие потери давления на участках местных сопротивлений приходится на забойную компоновку, тогда как потери давления в манифольде и узлах срачивания трубы весьма малы и не имеют определяющего влияния на суммарные потери в системе.

Исследуемые в работе параметры оказывают влияние на величину как потерь давления по длине трубы (2), определенных из уравнения Дарси-Вейсбаха [5], так и потерь на местные сопротивления (3), выраженных из уравнения Борда [6]:

$$\Delta P_{тр} = \lambda \frac{8\rho L Q^2}{\pi d^5}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления Дарси;

ρ – плотность флюида, кг/м³;

L – длина ГТ, м;

Q – объемный расход, м³/с;

d – внутренний диаметр трубы, м.

$$\Delta P_{мс} = \frac{8\xi\rho Q^2}{\pi^2 d^4}, \quad (3)$$

где ξ – коэффициент местных сопротивлений.

Решая уравнение (1) с учетом (2) и (3) получаем следующее выражение, описывающее распределение давлений в циркуляционной системе колтюбинговой установки:

$$P_H - P_3 = \lambda \frac{8\rho L Q^2}{\pi d^5} + \frac{8\xi\rho Q^2}{\pi^2 d^4} - \rho g H_{гт}, \quad (4)$$

где $H_{гт}$ – глубина спуска ГТ в скважину, м.

Анализ зависимости (4) свидетельствует, что давление нагнетания P_H зависит от плотности прокачиваемой жидкости, общей длины, диаметра и глубины спуска ГТ в скважину, расхода жидкости, компоновки низа ГТ и величины гидростатического давления. Причем если гидростатическое давление превысит суммарную величину потерь, то правая часть уравнения примет отрицательное значение, т.е. перестанет выполняться условие прокачиваемости.

Оценить на основании уравнений (2) и (3) влияние перечисленных параметров на величину потерь давления проблематично, так как варьирование значений режимно-технологических характеристик или реологических свойств жидкости приводит к изменению коэффициента (λ) гидравлического сопротивления Дарси. Величина λ в свою очередь зависит от двух безразмерных па-

раметров: числа Рейнольдса, определяющего режим течения жидкости, и относительной шероховатости внутренней поверхности гибкой трубы. При известных значениях данных параметров коэффициент гидравлического сопротивления Дарси λ можно определить графически с помощью диаграммы Муди или рассчитать методом последовательных приближений из уравнения Колбрука:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon}{3,7d} + \frac{2,5}{Re\sqrt{\lambda}} \right], \quad (5)$$

где ε – шероховатость внутренней поверхности трубы, м.

На основании уравнения (5) с учетом данных, приведенных в табл. 1, получена графическая зависимость коэффициента гидравлического сопротивления λ от плотности ρ и вязкости μ технологической жидкости, которая представлена на рис.1.

Таблица 1

Плотность, кг/м ³	Динамическая вязкость, Па·с	Объемный расход, м ³ /с	Внутренний диаметр ГТ, м
600 ... 1800	0,001 ... 0,1	0,001 ... 0,01	0,020 ... 0,055

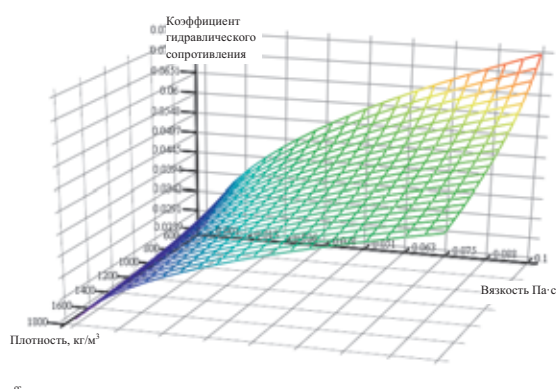


Рис. 1. Зависимость изменения коэффициента гидравлического сопротивления λ от плотности ρ и вязкости μ жидкости (внутренний диаметр ГТ $d = 32,5$ мм, объемный расход жидкости $Q = 2,65$ л/с)

Практический интерес представляют графики, иллюстрирующие зависимость изменения коэффициента гидравлического сопротивления от каждого фактора в отдельности – плотности ρ и вязкости μ жидкости, которые представлены на рис. 2 и 3.

Анализ представленных графиков позволяет сделать вывод, что увеличение вязкости жидкости при неизменных значениях плотности приводит к значительному росту коэффициента гидравлических потерь λ , при этом увеличение плотности, наоборот, снижает его. Зависимость изменения коэффициента λ от вязкости и плотности нелинейная. Необходимо отметить, что при малых значениях вязкости жидкости коэффициент Дарси практически не зависит от ее плотности.

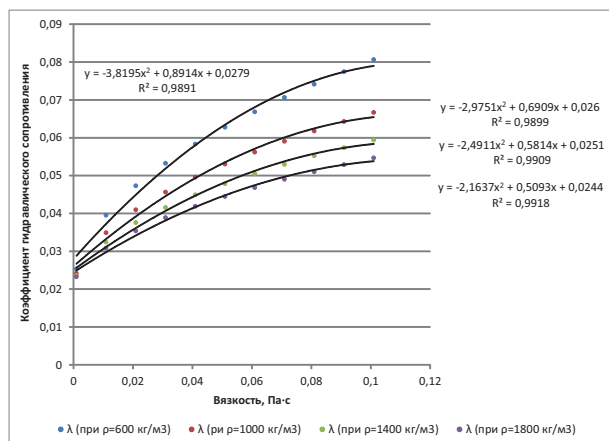


Рис. 2. Зависимость изменения коэффициента гидравлического сопротивления λ от вязкости μ жидкости при фиксированных ($\rho = \text{const}$) значениях ее плотности

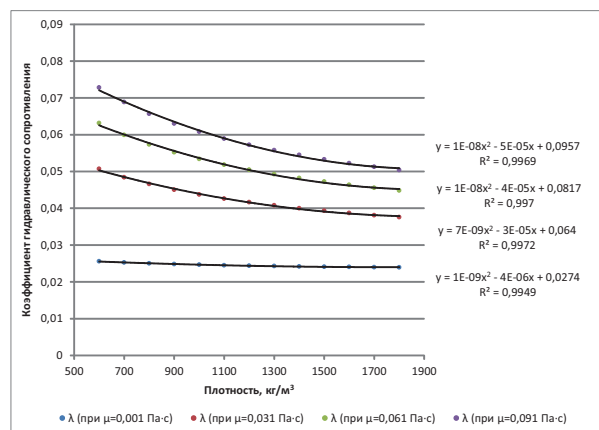


Рис. 3. Зависимость изменения коэффициента гидравлического сопротивления λ от плотности ρ жидкости при фиксированных ($\mu = \text{const}$) значениях ее вязкости

С целью оценки влияния на величину коэффициента Дарси λ режимно-технологических параметров процесса закачивания, а также технических характеристик ГТ на основании уравнения (5), с учетом данных табл. 1 построена графическая зависимость данного коэффициента от внутреннего диаметра d труб и объемного расхода Q жидкости. Первый параметр учитывается при определении как шероховатости, так и числа Рейнольдса, второй определяет скорость течения жидкости внутри ГТ. Анализ представленной на рис. 4 зависимости $\lambda(Q, d)$, рассчитанной для жидкости с плотностью $\rho = 1000$ кг/м³ и динамической вязкостью $\mu = 0,001$ Па·с, а также графиков, показывающих влияние на коэффициент гидравлических сопротивлений каждого из параметров – внутреннего диаметра $\lambda(d)$ (рис.5) и объемного расхода $\lambda(Q)$ (рис. 6), позволяет сделать вывод о том, что увеличение расхода жидкости ведет к снижению коэффициента Дарси. Но потери давления в

системе при этом увеличиваются. Причем в области больших расходов достигается значение коэффициента λ , которое при дальнейшем увеличении расхода жидкости практически не изменяется. Величина такого критического значения расхода зависит от типа жидкости и ее свойств, а также от диаметра ГТ, но из-за недостаточной механической прочности трубы достичь такого расхода во время проведения операции на скважине практически невозможно. В то же время увеличение диаметра при малых объемных расходах (менее 1 л/с) приводит к увеличению коэффициента гидравлических потерь, при больших же расходах наблюдается обратная зависимость.

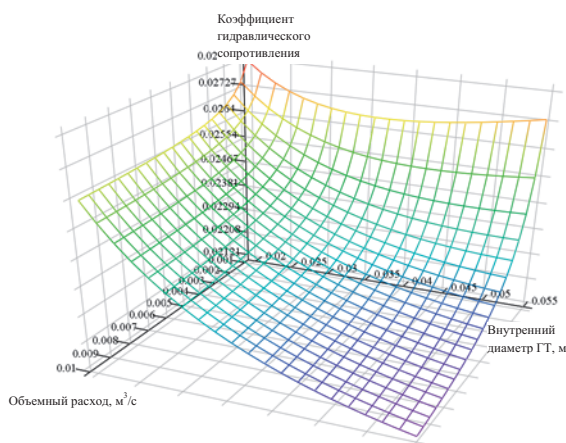


Рис. 4. Зависимость изменения коэффициента гидравлического сопротивления λ от объемного расхода Q и внутреннего диаметра d трубы

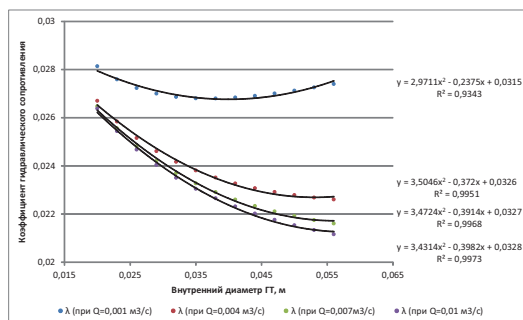


Рис. 5. Зависимость изменения коэффициента гидравлического сопротивления λ от внутреннего диаметра d трубы при фиксированных ($Q = \text{const}$) значениях объемного расхода

На рис. 7 представлен график зависимости гидравлических потерь давления от объемного расхода и плотности жидкости при постоянной вязкости ($\mu=0,001$ Па·с) и внутреннем диаметре трубы $d = 32,5$ мм. Из графика видно, что при увеличении значения любого из данных параметров возрастают гидравлические потери в системе. При этом изменение расхода жидкости приводит к резкому увеличению потерь давления.

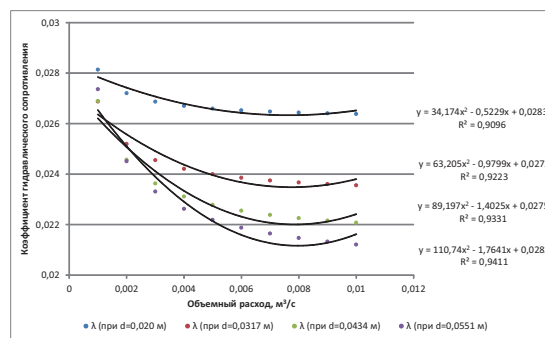


Рис. 6. Зависимость изменения коэффициента гидравлического сопротивления λ от объемного расхода Q при фиксированных ($d = \text{const}$) значениях внутреннего диаметра трубы

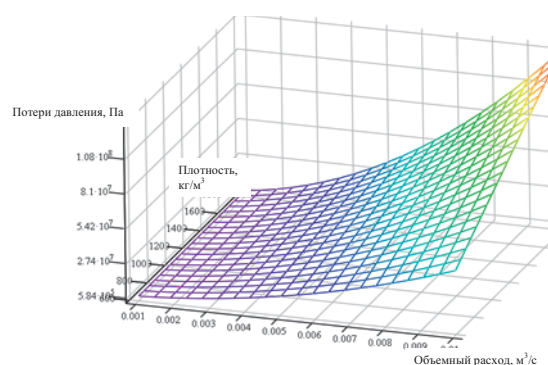


Рис. 7. Зависимость изменения гидравлических потерь давления ΔP от объемного расхода Q и плотности ρ жидкости

Приведенные выше зависимости позволяют определить граничные условия для выбора оптимальных параметров технологических процессов, связанных с прокачиванием жидкости через ГТ, исходя из необходимости обеспечения неразрывности потока ($\Delta P > P_{\text{гст}}$) и выполнения условия сохранения прочности трубы ($\Delta P < P_{\text{max}}$). С учетом этих ограничений можно при известных значениях плотности и вязкости жидкости, а также режима течения, который в условиях малого проходного сечения будет являться ламинарным только при малых значениях объемного расхода, выделить оптимальную объемную скорость закачивания, которая обеспечит необходимый перепад давления на забое для проведения конкретной технологической операции.

Приведем пример такого расчета. Данные по скважине: пластовое давление – 12,5 МПа; пластовая температура 51°C; эксплуатационная колонна – 178 мм; искусственный забой – 1990 м; текущий забой – 1995 м; интервал перфорации – 1830-1841 м. Колтюбинговая установка М-20 с ГТ диаметром 38,1 мм, толщиной стенки 3 мм и длиной

3500 м. При прокачивании водоизолирующей жидкости ($\rho = 1060 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,005 \text{ Па}\cdot\text{с}$) с объемным расходом – 2,65 л/с через ГТ, спущенную на глубину интервала перфорации, создаются потери давления, равные 7,33 МПа. Учитывая, что максимальное значение давления нагнетания для ГТ принято равным 21 МПа [6], при данном объемном расходе жидкости можно создать на забое достаточное давление для продавливания состава в пласт с целью создания водоизоляционного экрана. В то же время расчеты показывают, что при тех же условиях при прокачивании геля для гидравлического разрыва пласта ($\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, $\mu = 0,4 \text{ Па}\cdot\text{с}$) создаются потери давления $\Delta P_H \approx 27,2 \text{ МПа}$, что превышает максимально допустимое давления нагнетания. Поэтому для проведения данной операции необходимо либо снизить объемный расход жидкости, либо увеличивать диаметр используемой ГТ с целью уменьшения гидравлических потерь в циркуляционной системе.

Список литературы

1. Shashi Menon. *Gas Pipeline Hydraulics / Course No: P06-001, Credit: 6PDH / Systek Technologies, Inc. – US, 2011.*
2. Вайншток С.М. и др. *Подземный ремонт и бурение скважин с применением гибких труб.* – М.: Издательство Академии горных наук, 1999. – 224 с.
3. Строганов В.М., Пономарев Д.М. *Колтюбинговая технология водоизоляционных работ в нефтяных и газовых скважинах. Дополнительные требования к свойствам применяемых водоизоляционных составов // Современные технологии КРС и ПНП: Сб. докл. 5-й Международной научно-практической конференции.* – Геленджик, 2010.
4. Сызранцев В.Н., Земляной А.А., Зозуля Г.П. и др. *Определение прочностных свойств стали гибких труб // Территория нефтегаз.* – 2013. – №4. – С. 76-77.
5. Рабинович Е.З. *Гидравлика: Учебное пособие для вузов.* – М.: Недра, 1980. – 278 с.
6. Сахабутдинов Р.Р. *Разработка технологий ремонта газовых скважин без глушения: Дис. ...канд техн. наук.* – Новый Уренгой, 2005. – 131 с.

УДК 656.05, 656.11, 656.09

**О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ
ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕВЫХ
ПОВОРОТОВ НА
МНОГОПОЛОСНЫХ
РЕГУЛИРУЕМЫХ
ПЕРЕКРЕСТКАХ ПОД
УПРАВЛЕНИЕМ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

**ABOUT SOME PROBLEMS OF
THE LEFT-TURNS
ORGANIZATION AT MULTIBAND
ADJUSTABLE INTERSECTIONS
UNDER CONTROL OF
INTELLIGENT TRANSPORTATION
SYSTEM**

Ключевые слова: организация левых поворотов; регулируемый перекресток; дорожное движение; задержки движения; дороги; длина очереди.

Keywords: left-turning traffic organization; adjustable intersections; road traffic; traffic delay; roads; queue length.

Аннотация

В статье проанализированы проблемы, возникающие на многополосных регулируемых перекрестках из-за некорректной установки дорожных знаков особых предписаний, оценена задержка движения из-за ожидания левоповоротным потоком освобождения перекрестка от встречного транспортного потока. Предложены методы по улучшению существующей организации движения в различных условиях.

Annotation

The article analyzed the problems on multiband adjustable intersection due to incorrect installation of traffic signs, evaluated the delay caused by waiting for a left-turning traffic release intersection of oncoming vehicles. The article suggests ways to improve the existing organization of the movement in various situations.

Алферова Ирина Дмитриевна

*Южно-Уральский государственный университет,
ассистент кафедры «Эксплуатация
автомобильного транспорта»,
(351)267-98-74; aid_eat@mail.ru*

Городокин Владимир Анатольевич

Южно-Уральский Государственный Университет,

*канд. юр. наук, профессор кафедры «Эксплуатация
автомобильного транспорта»,
gorodok_vlad@mail.ru*

Традиционно для развитых стран основные транспортные проблемы – это проблемы больших городов. Работающее население переселяется в пригород, что приводит к увеличению загруженности личным транспортом улично-дорожной сети (УДС) центральных районов города.

Основная функция дорожного движения (ДД) есть безопасность и скорость перемещения [1]. Скорость движения по нашему городу в часы-пик иногда ниже 24 км/ч, в то время как скорость движения по городу в Нью-Йорке, обладающем самым высоким уровнем автомобилизации среди городов мира, равняется примерно 24 милям в час (38,6 км/ч). Несмотря на то, что уровень автомобилизации в городах нашей страны примерно в два раза ниже, чем в развитых странах, на сегодняшний день мы наблюдаем заторы на наших городских улицах. И виной тому – неэффективная организация дорожного движения (ОДД). Плохая, а порой просто неграмотная ОДД является основной причиной дорожно-транспортных происшествий (ДТП), что негативно сказывается на уровне безопасности дорожного движения (БДД) в нашей стране. Следовательно, неэффективная ОДД не позволяет дорожному движению выполнять свою основную функцию.

Согласно исследованиям специалистов в области транспортных потоков, в частности профессора В.В. Сильянова, дороги эффективны при коэффициенте их загрузки движением (отношение интенсивности потоков к пропускной способности) не более чем на 60%. При превышении этого предела резко падают скорости, растут потери времени, снижается уровень удобства движения и возрастает аварийность [2].

При высоких коэффициентах загрузки движением не всегда есть возможность архитектурной перестройки участка дороги или пересечения в силу исторически сложившейся застройки района. Тогда на помощь специалистам приходит грамотная организация дорожного движения. Заметим, ключевое слово здесь – грамотная.

Каждому жителю крупного города знакома ситуация, когда за затором следует практически пустой участок дороги, на котором наблюдается свободный характер движения транспортных средств (рис. 1а). Поведение транспортного потока в данной ситуации сравнимо с характером движения жидкости при подходе к узкому месту, например, к горлышку бутылки.

На рис. 1б можно увидеть, как выглядит транспортный поток, попавший в такое узкое место. В красном секторе наблюдается снижение скоростей, увеличение количества автомобилей на занимаемый квадратный метр площади дороги, дру-

гими словами, движение квалифицируется как стесненное, на дороге наблюдается предзаторное состояние. В зеленом секторе характер движения меняется, количество ТС резко сокращается, на порядок увеличиваются скорости, движение становится свободным.

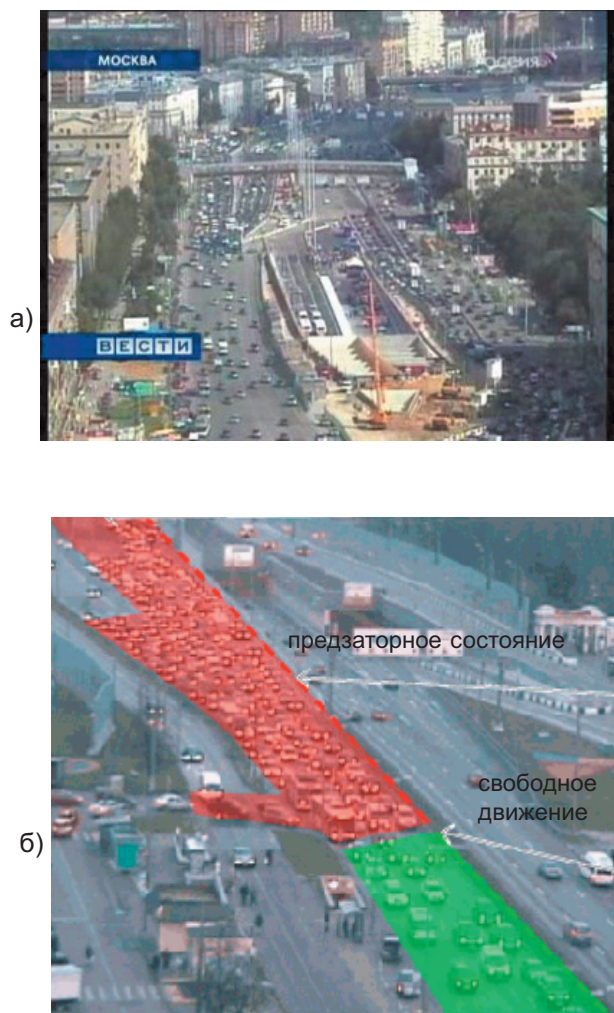


Рис. 1. Эффект бутылочного горлышка

Не всегда причиной эффекта «бутылочного горлышка» служат планировочные и конструктивные особенности существующих участков дорог. Очень часто на широкой, магистральной улице причиной затора становится неграмотная ОДД.

Процесс организации движения на регулируемых перекрестках многополосных дорог вызывает трудности, решение которых неоднозначно и в методической литературе не нашло достаточного разъяснения. Рассмотрим несколько вариантов возникновения затора вследствие неграмотной ОДД.

Примером может служить неправильная установка знаков 5.15.1 и 5.15.2 «Направление движения по полосам», примененная совместно со светофорным регулированием с дополнительной секцией для поворота налево на пересечении многополосных городских дорог, одна из которых имеет минимум 4 полосы для движения в одном

направлении (рис. 2).

В данном случае неграмотной является расстановка знаков 5.15.2 в направлении движения юг-север. Для поворота налево (юг-запад) предусмотрена дополнительная секция и выделено две полосы: крайняя левая ТОЛЬКО НАЛЕВО, вторая слева – ПРЯМО И НАЛЕВО. Дополнительная секция включается одновременно с разрешающим зеленым в основном направлении (ПРЯМО И НАПРАВО), но выключается раньше, давая возможность начать движение встречному потоку. Желая повернуть налево и двигавшиеся по крайней левой и второй слева полосе, останавливаются у стоп-линии и ждут своей очереди, перекрывая движение водителям, находящимся на той же полосе сзади, предполагавшим продолжить движение прямо.



Рис. 2. Типичное пересечение с неграмотной организацией движения транспортных потоков:

а) общий вид, б) дополнительная секция не горит, разрешающий сигнал включен только на основном светофоре

Напомним: для прямого потока в это время горит зеленый, то есть желающие повернуть налево в этом случае становятся помехой тем, кому движение разрешено. Водители автомобилей, желающие двигаться в прямом направлении юг-север и находящиеся на второй слева полосе (ТС номер 1 и 2), а также на крайней правой полосе (ТС номер 3), вынуждены перестраиваться в единственную доступную для движения в прямом направлении полосу, тем самым увеличивая количество конфликтных точек, что ведет к снижению скоростей движения и БДД.

Требованиями п.п. 6.3 и 13.5 Правил дорожного движения рассматриваемая ситуация никак не

проясняется. Бесспорно, с точки зрения как безопасности дорожного движения, так и пропускной способности выезд на перекресток из одной и той же полосы транспортных потоков, движение которых предусмотрено в разных фазах светового цикла, должен быть запрещен. Как видно из рис. 2б, две крайние левые полосы заняты транспортными средствами, ожидающими разрешающего сигнала в дополнительной секции, крайняя правая полоса заблокирована маршрутными ТС, остановившимися на остановочном пункте сразу за перекрестком, и теми ТС, которые пропускают пешеходный поток при повороте направо. Даже если мы разграничим в пространстве транспортный и пешеходный потоки, это не освободит полностью крайнюю правую полосу. Наличие остановочного «кармана» также не решает проблему, т.к. на крупной магистрали, одной из основных в городе, поток маршрутного транспорта велик, и все маршрутные ТС, одновременно подъезжающие к остановочному пункту, не помещаются в специально обустроенный остановочный «карман». Значит, на четырехполосной магистрали в прямом направлении при разрешающем основном световом сигнале фактически работает только одна третья полоса, предназначенная для движения ТОЛЬКО ПРЯМО. Пропускная способность резко сокращается и образуется затор, наблюдается вышеописанный эффект «бутылочного горлышка».

Определенную специфику вызывает факт наличия на одной из дорог трамвайных путей. А также вариант ОДД, когда организован одновременный пропуск двух различных по направлению движения транспортных потоков с одной и той же полосы при двухфазном световом регулировании.

Рассмотрим ситуацию, складывающуюся на регулируемом пересечении, где световый объект работает в двухфазном режиме.

Первая фаза. Левый поворот при отсутствии необходимости уступать дорогу трамваю.

Как видно из рис. 3, при включении разрешающего сигнала по направлению движения транспортных средств вверх по ул. Вертикальная, автомобиль «1» с большой степенью вероятности должен остановиться на пересечении проезжих частей с тем, чтобы уступить дорогу транспортным средствам, движущимся прямо со встречного направления. После прохождения транспортных средств по крайней левой полосе в прямом направлении автомобиль «1» сместится вперед и займет место под индексом «2». Дальнейшие траектории движения автомобиля «2» будут варьироваться в зависимости от того, в какую полосу движения будет осуществлять выезд с пересечения проезжих частей водитель данного транспортного средства. ПДД РФ не регламентируют для автомобиля «2» полосу выезда. Таким образом, учитывая непрерывность потока транспортных средств встречного направления за все время включения для них разрешающего сигнала, водитель автомобиля «2» возобновит движение

налево только с момента, когда поток встречных транспортных средств остановится в месте, регламентированном ПДД РФ, после включения запрещающего сигнала светофора. Следует отметить тот факт, что уступать дорогу водитель автомобиля «2» должен и тем транспортным средствам, водители которых в соответствии с требованиями п.6.14 ПДД РФ правомерно въезжают на пересечение проезжих частей в момент смены сигнала светофора с разрешающего на запрещающий (с зеленого на желтый) и продолжают движение для освобождения перекрестка в соответствии с п.6.13 ПДД РФ. Эта категория водителей транспортных средств, получивших право на движение через перекресток в соответствии с требованиями п.6.14 Правил, достигнут места конфликта (конфликтной точки) с автомобилем «2» ориентировочно через 4,2 секунды.

$$t_a = \frac{S_a \cdot 3,6}{V_a},$$

где $S_a = 70$ м – максимальное расстояние от конфликтной точки с автомобилем «2», на котором мог располагаться автомобиль, водитель которого имел право продолжить движение через перекресток в соответствии с требованиями п.6.14 ПДД;

$V_a = 60$ км/ч – допустимая скорость движения в населенном пункте.

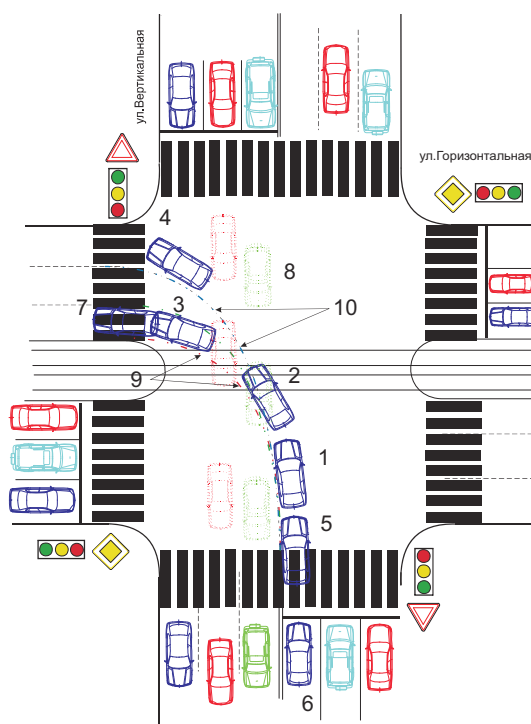


Рис. 3. Схема движения потока транспортных средств при повороте налево

В свою очередь, максимальное расстояние от конфликтной точки с автомобилем «2», на котором мог располагаться автомобиль, водитель которого имел право продолжить движение через перекресток в соответствии с требованиями п.6.14

ПДД, складывается из двух отрезков. Первый ($S_{ож}$) равен расстоянию, необходимому данному транспортному средству для остановки при применении водителем торможения в темпе «не прибегая к экстренному», в месте, регламентируемом требованиями п.6.13 Правил. Второй отрезок пути ($S_{кт}$) будет равен дальности расположения линии «Стоп» (таблички 6.16) до конфликтной точки с автомобилем «2».

$S_{ож}$ определяется по приводимой ниже формуле, и для варианта торможения исправного легкового автомобиля в снаряженном состоянии на горизонтальном сухом асфальтовом покрытии будет составлять около 45 м.

$$S_{ож} = (t_1 + t_2 + 0,5 \cdot t_3) \cdot \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j_{ж}},$$

где $J_a = 4,6 \text{ м/с}^2$ – замедление легкового, исправного автомобиля в снаряженном состоянии на сухом асфальтовом покрытии при применении водителем торможения в темпе «не прибегая к экстренному»;

$t_1 = 0,6 \text{ с}$ – время реакции водителя при включении желтого сигнала светофора после «мигающего зеленого»;

$t_2 = 0,1 \text{ с}$ – время запаздывания срабатывания тормозного привода легкового автомобиля;

$t_3 = 0,35 \text{ с}$ – время нарастания замедления легкового автомобиля при торможении;

$V_{a-} = 60 \text{ км/ч}$ – допустимая скорость движения в населенном пункте.

В соответствии с рассматриваемой схемой (рис. 3) $S_{кт}$ – расстояние от линии «Стоп» до конфликтной точки составляет около 25 м.

Таким образом, общее расстояние, на котором располагался автомобиль, водитель которого имел право продолжить движение при включении для него запрещающего желтого сигнала светофора, от конфликтной точки с автомобилем «2» составляло около 70 м. И, как было указано выше, данный отрезок пути будет преодолен за 4,2 с. В свою очередь, в течение указанного промежутка времени при наличии встречного транспортного средства водитель автомобиля «2» должен быть неподвижен, т.к. продолжает уступать дорогу транспортному средству, движущемуся навстречу в прямом направлении. Также будут неподвижны и все транспортные средства, расположенные за ним, водители которых формально имеют право закончить левый поворот. Не будет таким правом обладать только водитель автомобиля, не въехавшего на перекресток за время включения разрешающего сигнала светофора (на рис. 3 – автомобиль под номером «6»). Автомобили под номерами «1», «2» и «5» могут продолжить движение. В связи с этим возникают несколько отрицательных моментов. Во-первых, с учетом запаздывания начала движения, водитель автомобиля «5»

возобновит движение минимум через 1 секунду после автомобиля «2». Во-вторых, данное транспортное средство достигнет дальней конфликтной точки (ДКТ) с потоком транспортных средств, начинающих движение на разрешающий сигнал светофора (позиция на схеме «3»), через 5,2 с.

$$t_{раз} = \sqrt{\frac{2 \cdot S_{раз}}{a}},$$

где $S_{раз} = 20 \text{ м}$ – расстояние, преодолеваемое автомобилем, совершающим левый поворот, от места возобновления движения до места расположения ДКТ;

$a = 1,5 \text{ м/с}^2$ – среднее значение ускорения автомобиля.

Иными словами, к моменту достижения автомобилем «5» ДКТ с момента включения для данного направления желтого сигнала светофора пройдет 10,4 с. Указанная продолжительность времени складывается из времени движения встречного автомобиля, водитель которого получил право закончить проезд перекрестка в соответствии с требованиями п.6.14 Правил (согласно расчету, выполненному выше, составляет 4,2 с), времени запаздывания начала возобновления движения водителем автомобиля «5» (около 1 с) относительно начала движения первого стоящего в очереди транспортного средства и времени, необходимого для достижения этим автомобилем дальней конфликтной точки (составляет 5,2 с). В течение всей продолжительности указанного времени транспортные средства, начинающие движение на разрешающий сигнал светофора, не могут, по сути, проехать перекресток. Создается заторная ситуация. Кроме этого, как видно из схемы, транспортные средства по направлению, совершающему поворот налево, могут, не нарушая требования Правил дорожного движения, завершить проезд перекрестка только в количестве трех единиц (автомобили «1», «2», «5») за время основного такта, что также ведет к образованию очереди, а в дальнейшем – к затору по данной полосе.

Исследуемая дорожно-транспортная ситуация является как аварийно-опасной с точки зрения безопасности движения, так и недопустимой с точки зрения пропускной способности узла улично-дорожной сети.

Вторая фаза. Левый поворот при необходимости уступать дорогу попутному трамваю.

При необходимости уступать дорогу трамваю, движущемуся попутно, дорожно-транспортная ситуация не меняется в лучшую сторону. Как видно на схеме рис. 4, водитель автомобиля «1», равно как и водитель автомобиля «3», после начала движения вынужден остановиться как минимум дважды. Первая остановка вызвана необходимостью уступить дорогу трамваю попутного направления «4», вторая – при наличии трамвая встреч-

ного направления, третья – встречному потоку транспортных средств «6» и «5».

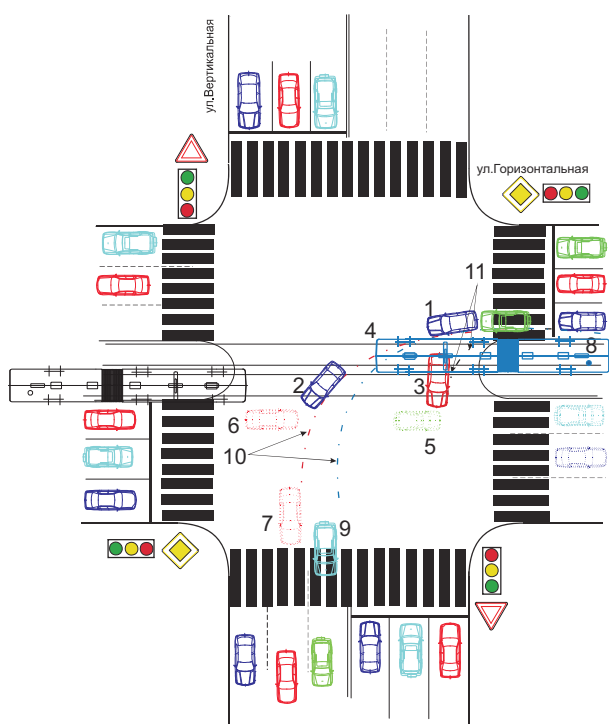


Рис. 4. Схема движения потока транспортных средств при повороте налево и наличии попутного трамвая

Соответственно, при движении по одной полосе друг за другом (Правила дорожного движения РФ не регламентируют траекторию движения транспортных средств в зоне перекрестка) очередь из стоящих в ожидании завершить маневр транспортных средств достигнет ориентировочно четырех автомобилей. Складывающаяся ситуация также ведет к затору. Учитывая тот факт, что Правила дорожного движения не регламентируют траекторию движения при повороте налево, водители транспортных средств выполняют этот маневр так называемым веерным способом «10», располагая транспортные средства не только друг за другом, но и в несколько рядов («7», «9»), хаотично повышая, таким образом, пропускную способность левоповоротной полосы и снижая при этом степень безопасности, т.к. очередность проезда перекрестка попутных транспортных средств, движущихся по разным траекториям, также недостаточно однозначно прописана (только согласно требованиям п. 8.9 Правил дорожного движения РФ). Таким образом, как и в первом варианте, ситуация является как аварийно-опасной с точки зрения безопасности движения, так и недопустимой с точки зрения пропускной способности узла улично-дорожной сети.

Усугубляются оба варианта проезда перекрестка режимом работы светофорного объекта, т.к. при проводимых расчетах цикла работы не в полной мере учитываются заторы на левых полосах, не позволяющие двигаться по ним транспортным средствам в прямом направлении. При данной

организации движения на перекрестке достаточно одного-двух поворачивающих налево автомобилей, чтобы полностью перекрыть полосу потока транспортных средств, движущихся по ней прямо.

Пути решения выявленных проблем:

1. При допустимом повороте налево из одной крайней левой полосы разрешить выезд с пересечения, только в крайнюю левую полосу (по аналогии с поворотом направо).

2. При допустимом повороте налево из двух и более полос разрешить водителям транспортных средств выезд с пересечения только в ту полосу, на которой транспортное средство располагалось перед въездом на пересечение. Водитель транспортного средства, осуществляющий левый поворот не из крайней левой полосы, а со второй слева, должен при выезде с пересечения проезжих частей располагаться на второй слева полосе. Другие водители транспортных средств, осуществляющие разрешенный поворот налево с других, располагающихся правее полос, по аналогии также въезжают на полосы, соответствующие ранее занимаемому ими положению.

3. Учитывая большую сложность при выполнении левого поворота, по сравнению с правым, траектория движения в пределах перекрестка должна ограничиваться линиями дорожной разметки 1.7, а при отсутствии разметки траекторию должен задавать водитель, располагающийся слева, а не справа (что следует из требований, действующих в настоящее время в Правилах дорожного движения РФ – п. 8.9.). Соответственно, обеспечивает безопасный боковой интервал водитель транспортного средства, расположенного справа (требование п.8.9 Правил на перекрестке при повороте налево не должно применяться).

4. При требуемой интенсивности транспортных средств, поворачивающих налево, 120 единиц и более для исключения заторной ситуации необходимо для данного потока транспортных средств вводить самостоятельную фазу работы светофорного объекта. Переключение светофорного объекта из двухфазного регулирования в трехфазное должно осуществляться в режиме реального времени посредством управленческих решений главного компьютера интеллектуальной транспортной системы (ИТС).

5. Предусмотреть движение пешеходов в фазах, исключающих конфликт между транспортными средствами, поворачивающими налево или направо, и пешеходами, что также должно учитывать реально существующую величину транспортного и пешеходного потока путем анализа данных, поступающих в командный центр ИТС в режиме реального времени.

6. Предусмотреть ступенчатый переход проезжей части пешеходами с возможностью остановки на островке безопасности.

7. Во всех случаях, когда ширина проезжей части превышает 14 м, обустроить пешеходные переходы островками безопасности.

8. По возможности обустроить перекрестки отнесенными правоповоротными полосами для освобождения полос, предназначенных для движения прямо.

9. Качество и ровность дорожного покрытия на трамвайных путях должны обеспечивать возможность плавного беспрепятственного проезда нерельсового транспорта через пути со скоростью не менее 50 км/ч.

10. При цикле работы светофорного объекта, позволяющем в одной фазе движения во встречных направлениях, исключить установку дорожных знаков 5.15.1 и 5.15.2, разрешающих движение прямо и налево с одной и той же полосы.

11. Въезд на перекресток противоположных направлений (перпендикулярно трамвайным путям) организовать с перекрытием левых полос. С одной стороны, это не позволит совершить проезд в прямом направлении с крайней левой полосы (при разрешенном левом повороте), с другой – при незначительных затратах позволит создать дополнительную полосу для движения в прямом направлении.

12. Регламентировать действия водителей транспортных средств при включении мигающего зеленого сигнала светофора снижать скорость в режиме «служебного торможения».

13. В крупных городах не всегда есть возможность гибкого управления циклом светофорного объекта в режиме реального времени. Например, во многих городах нашей страны светофорные объекты на основных магистральных улицах, предназначенных для сквозного пропуска транспортного потока по территории города, работают в так называемом режиме ЗЕЛеной ВОЛНЫ. В этом случае нельзя изменить работы светофорного объекта на одном отдельно взятом перекрестке, т.к. это приведет к «выпадению» его из основной системы. Тогда проблему локально возникающего затора по основному направлению на каком-то одном пересечении возможно решить, применив управляемые дорожные знаки.

Перспективным направлением в организации дорожного движения является применение управляемых дорожных знаков. Эти знаки могут стать неотъемлемой частью автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУД). Управляемые дорожные знаки создают качественно новые возможности для организации движения, благодаря их гибкости действия и возможности оперативно отвечать на постоянные изменения условий дорожного движения. Управляемые знаки обеспечивают значительно большую эффективность воздействия на водителей, которые убеждаются в том, что предписания знака действительно соответствуют фактической обстановке на дороге.

Менять символ на таком знаке можно как вручную, так и автоматически. При наличии датчика и средств видеонаблюдения, установленных на данном пересечении и на некотором удалении от него, происходит сбор данных о длине очереди, скопив-

шейся перед пересечением на той или иной полосе для движения. В зоне, контролируемой АСУД, смена символа обеспечивается по команде ЭВМ в соответствии с принятым алгоритмом управления на основе данных, полученных со средств фиксации транспортного потока. Применение интеллектуальной транспортной системы (ИТС) позволит реагировать на сложившуюся транспортную ситуацию в режиме реального времени.

Чтобы повысить пропускную способность предлагается использовать управляемый дорожный знак для второй слева полосы, включив его в ИТС управления дорожным движением (рис. 5а).

В зависимости от данных о левоповоротном транспортном потоке, его интенсивности, о длине очереди, образовавшейся на крайней левой полосе, поступающих в командный компьютер, отображение символа на управляемом дорожном знаке может изменяться с «ТОЛЬКО ПРЯМО» на «ПРЯМО И НАЛЕВО» или «ТОЛЬКО НАЛЕВО» (рис. 5б,в).

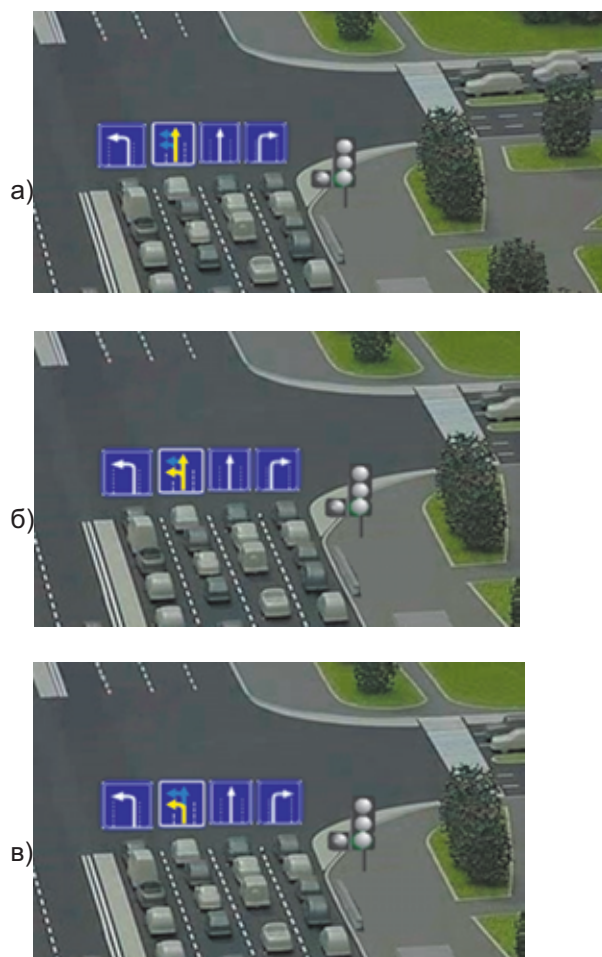


Рис. 5. Применение управляемого дорожного знака

Таким образом, применение управляемого дорожного знака 5.15.2, отображение символа на котором меняется в режиме реального времени в зависимости от фактически складывающейся дорожно-транспортной ситуации на конкретном пересечении в конкретный момент, позволит увеличить пропускную способность УДС и безопасность разъезда транспортных средств.

Так как практически большинство крупных магистральных улиц города имеет по четыре и более полосы для движения в каждом направлении и во многих случаях на пересечениях наблюдается рассмотренная ранее неэффективная организация движения, предлагаемый комплекс решений позволит снизить степень нагрузки на УДС города в целом, тем самым увеличив скорость сообщения.

Список литературы

1. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем Учебное пособие. – СПб.: СПбГАСУ, 2010. – 214 с.
2. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
3. Сайт всемирного банка данных о количестве автомобилей на тысячу жителей. URL: <http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3>
4. Сайт ГИБДД раздел статистических данных. URL: <http://www.gibdd.ru/stat/>
5. Действующая редакция постановления правительства «О правилах дорожного движения» от 23.10.1993. – № 1090. URL: <http://www.consultant.ru/popular/pdd/>

УДК 629.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПассажиРОВ В ВАГОНЕ С МЕСТАМИ ДЛЯ СИДЕНИЯ ПРИ БОЛЬШИХ СКОРОСТЯХ СОУДАРЕНИЯ

A TEST FOR THE AMOUNT OF LEVEL OF DAMAGES OF PASSENGERS IN THE CAR WITH PLACES FOR SITTING AT BIG SPEEDS OF IMPACT

Ключевые слова: пассажирский вагон, прогнозирование, аварийное соударение, критерий повреждений головы, математическая модель.

Keywords: car, forecasting, emergency impact, criterion of injuries of the head, mathematical model.

Аннотация

Предложена методика прогнозирования уровня повреждений пассажиров при аварийных соударениях вагона на основе математического моделирования. За критерий повреждений пассажиров принято повреждение головы.

Annotation

Forecasting of level of damages of passengers at emergency impacts of a car on the basis of mathematical modeling is executed. For criterion of damages of passengers injury of the head is accepted.

Булычев Михаил Анатольевич
Брянский государственный технический

университет, доцент, канд. техн. наук доцент
кафедры ПСЖД,
тел. (4832) 56-04-66, (905) 100-30-86;
Mike1973@rambler.ru

Безопасность движения на железнодорожном транспорте является ключевым понятием [1]. В пассажирских перевозках в это обобщающее понятие включена и безопасность пассажира. На современном этапе развития вычислительной техники и программных средств появляется возможность непосредственно рассмотреть безопасность пассажира как элемента динамической системы «человек – вагон» в различных поездных ситуациях [2].

Математическая модель человека–пассажира для анализа уровня его повреждений в аварийных ситуациях должна отвечать следующим требованиям:

- соответствие международным требованиям к манекенам и математическим моделям человека в аварийных ситуациях;
- возможность анализа параметров повреждений;
- достаточная простота использования;
- спектр значений параметров антропологии человеческих тел;
- наличие шарнирных соединений;
- возможность моделирования контактного взаимодействия.

С учетом изложенных требований и ряда дополнительных ограничений проведено численное моделирование ситуаций продольного соударения пассажирского вагона с местами для сидения с препятствием на различных скоростях. Целью исследования является прогнозирование повреждений головы пассажира в заданном интервале скоростей при размещении пассажира по ходу движения и против хода движения.

Кузов вагона рассматривается как абсолютно жесткое тело. Все элементы внутреннего оборудования также жестко закреплены в кузове. Линейные размеры и весовые параметры кузова вагона приняты по техническим характеристикам вагона мод. 61-4192. Количество мест в вагоне – 68. До момента соударения тело, представляющее кузов вагона, движется с постоянной скоростью прямолинейно.

Препятствием для кузова является плоскость с заданными жесткостными и диссипативными свойствами. Порядок определения данных параметров приведен далее. Сила тяжести в системе составляет 1g.

Среда моделирования – программный комплекс «Универсальный механизм».

В разработанной модели манекена нет возможности моделирования активного поведения человека, отсутствуют элементы мышечного действия. Суставы моделируются обобщенными шарнирами с заданными упруго-диссипативными характеристиками. Элементы модели оснащены контак-

тными элементами типа «сфера – сфера», что позволяет ограничить взаимопроникновение элементов друг в друга.

Кузов вагона смоделирован при помощи профильного элемента (рис. 1).

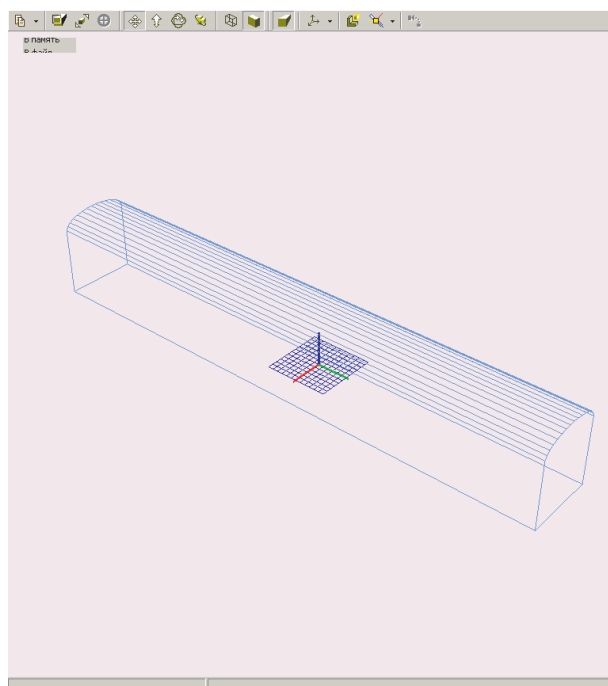


Рис. 1. Объект «Кузов»

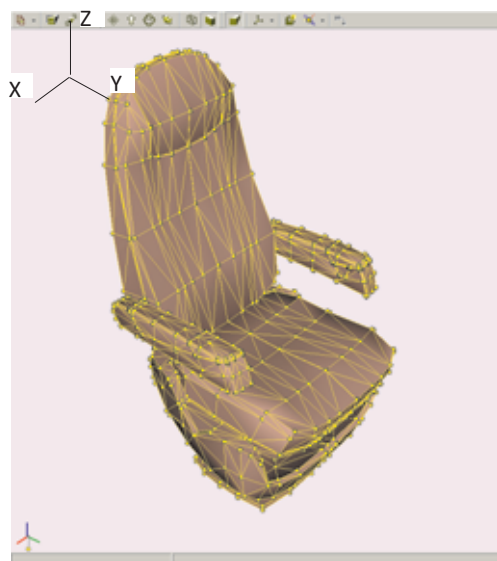


Рис. 2. Объект «Кресло»

Массы и инерционные характеристики всех объектов рассчитаны внутренними средствами

программного комплекса.

Геометрия кресел импортирована от 3-мерной модели кресла, предоставленного для исследований ООО «Циркон-сервис». Внешний вид кресла показан на рис. 2.

Размещение кресел внутри салона выполнено по планировке вагона мод. 61-4192. Расстояние шага размещения рядов кресел – 900 мм. Крепление кресел к полу кузова – жесткое. В кузове размещены три перегородки.

Модель человека-пассажира реализована с учетом требований Международной ассоциации транспортной безопасности. Математическая модель объекта «Пассажир» идентична манекену DUMMY HYBRID III (BIG MAN). Манекены такого типа применяются в международной практике при оценке аварийной безопасности транспортных средств всех типов транспорта. Параметры модели пассажира были определены для человека ростом 190 см, весом 100 кг, в возрасте 25 лет. Масс-инерциальные характеристики частей тела человека определены при помощи регрессионных зависимостей [3] и приведены в табл. 1.

Внутреннее взаимодействие частей модели пассажира осуществлено при помощи обобщенных шарниров с силовой и диссипативной составляющими. Степени свободы в шарнирных соединениях соответствуют степеням свободы, реализованным в манекене HYBRID III. Для создания внутреннего пространства модели человека использованы силовые элементы – контактные силы типа «сфера – сфера». Общее число элементов модели пассажира – 19.

Процесс взаимодействия модели человека с внутренним пространством купе осуществлен при помощи силовых контактных взаимодействий типа «точки – плоскость». Такие силовые элементы созданы для всех частей объекта «Купе» и элементов модели пассажира (рис. 3).

Шарнирные элементы позволяют ориентировать части модели пассажира в пространстве произвольно.

Модель пассажира размещается в кресле (рис. 4).

Параметры контактного взаимодействия определены путем сравнительного анализа величин ускорений по данным эксперимента и численного моделирования на заявленных скоростях соударения при натурных испытаниях [4].

Проведен сравнительный анализ ускорений частей кузова с расчетными значениями при моделировании (рис. 5).

Таблица 1

Масс – инерциальные характеристики элементов модели пассажира

Элемент модели	$I_{xx}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$I_{yy}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	$I_{zz}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$	M, кг
Голова (HEAD)	1,7967E-02	3,5E-02	3,08E-02	5,377
Грудь (UPPER TORSO)	0,208	0,2793	0,223	20,51
...
Стопа левая, правая (LEFT, RIGHT FOOT)	4,002E-03	1,298E-02	1,16E-02	2,457

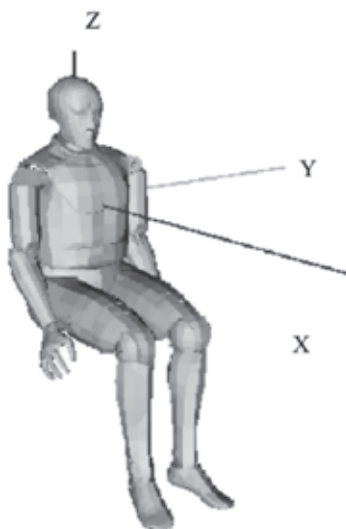


Рис. 3. Модель пассажира



Рис. 4. Модель пассажира в кресле

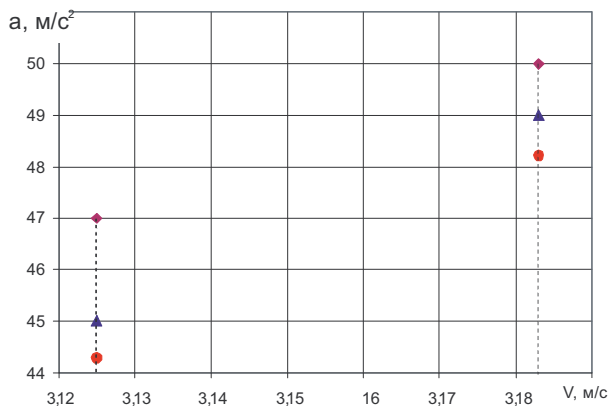


Рис. 5. Величины ускорений частей кузова при натурных испытаниях и в численном эксперименте: ♦ - ударяемая сторона; ▲ - середина эксперимент; ● - численное моделирование

При сравнении видно, что значения ускорений численного эксперимента несколько занижены по сравнению с натурными данными (на 3...5,1%). Соответствующие величины контактного взаимодействия составили: жесткость – 1500000 Н/м, коэффициент диссипации 150000 – Нс/м.

Оценка повреждений пассажира проведена по критерию повреждений головы HIC36 (head injury criterion-HIC). HIC показывает значения стандартизованных максимальных интегральных ускорений головы. Существует несколько значений временных параметров для критерия: 36 мс, 15 мс.

Критерий определяется по следующей зависимости:

$$HIC = \sup_{t_1, t_2} \left\{ \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \right\},$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2},$$

где a_x, a_y, a_z – ускорения головы манекена

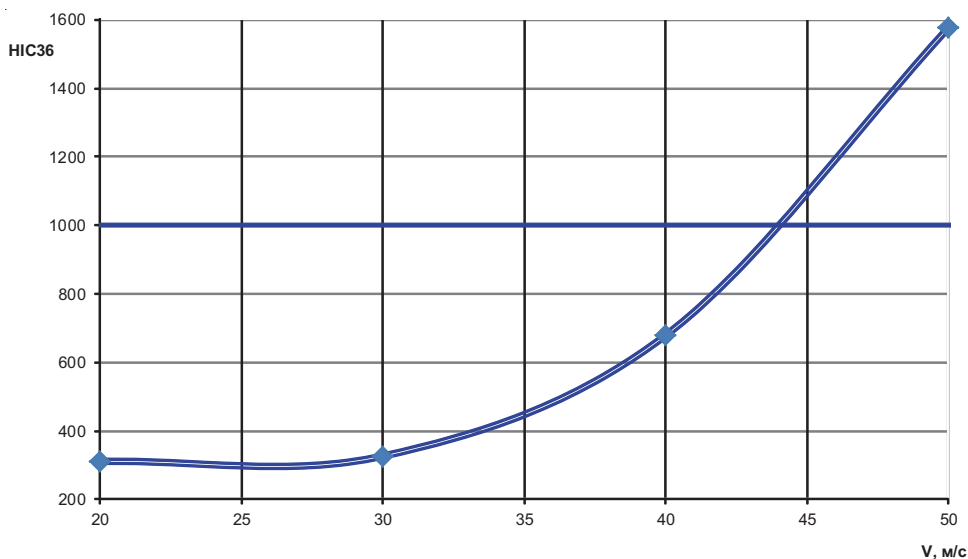


Рис. 6. Значения критерия HIC36 для скоростей соударений (вариант 1):

— допустимое значение; — результаты численного эксперимента

на (модели манекена) в долях g ($g=9,81\text{ м/с}^2$);

t_1, t_2 – время начала и конца учитываемого интервала 36 мс.

Ситуация моделируется для скоростей 20, 30, 40, 50 м/с. Рассматриваются два случая размещения пассажира: лицом по ходу движения и против хода движения вагона. В первом варианте модель манекена расположена в первом ряду кресел. На рис. 6 представлены рассчитанные значения критерия НИС36 и его предельный допустимый уровень.

На рис. 7 показаны расчетные положения манекена пассажира в различные моменты времени соударения (стоп-кадры) при скорости 45 м/с по ходу движения.

Во втором варианте модель манекена расположена во втором ряду кресел после внутренней перегородки. На рис. 8 представлены рассчитанные значения критерия НИС36 и приведен предельный допустимый уровень критерия. На рис. 9 представлены положения манекена в различные моменты времени соударения при скорости 30 м/с против хода движения.

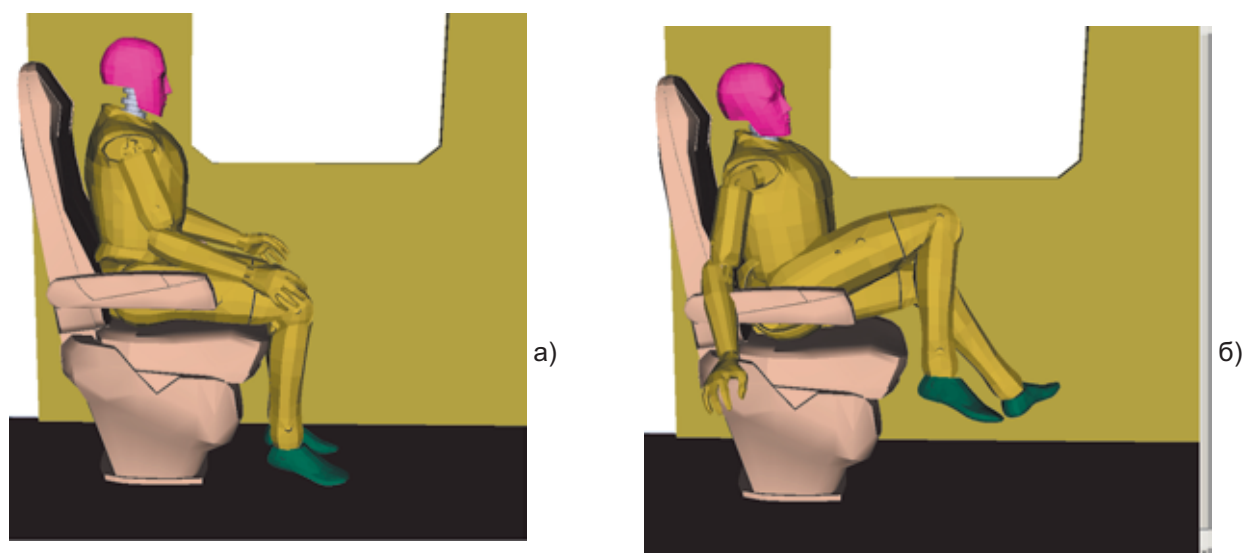


Рис. 7. Положение модели (вариант 1):
а) в начале процесса; б) в конце процесса

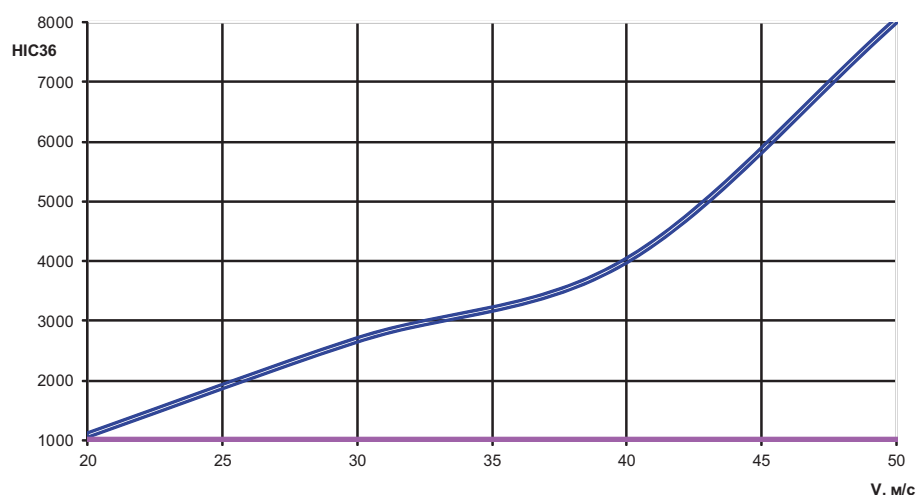


Рис. 8. Значения критерия НИС36 для скоростей соударений (вариант 2):

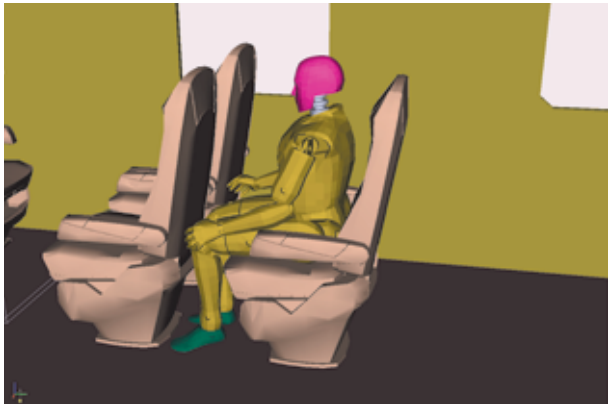
— допустимое значение; — результаты численного эксперимента

Основные результаты и выводы:

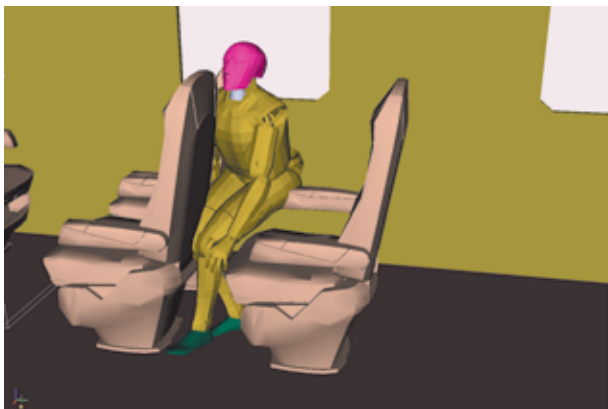
1. Разработана динамическая модель кузова пассажирского вагона мод. 61-4192 «Невский экспресс» конструкции ОАО «Тверской вагоностроительный завод». Модель может быть использована для анализа динамической нагруженности кузова в целом и элементов конструкции.

2. Верификация динамической модели кузова вагона проведена с использованием данных натурных испытаний ОАО «ТВЗ» на продольные соударения вагонов.

Сопоставление результатов расчета действующих ускорений позволило определить жесткостные параметры препятствия.



а)



б)

Рис. 9. Положение модели (вариант 2):
а) в начале процесса; б) в конце процесса

3. Проведена расчетная оценка критерия повреждений головы пассажира НИС36 при различных положениях модели и скоростях соударения вагонов.

Значения НИС36 показали, что при размещении пассажира лицом против хода движения на скоростях 20–40 м/с он не получает фатальных повреждений. Но при размещении его по ходу движения, а также против хода движения при скорости соударения выше 45 м/с (162 км/ч) пассажир может получить повреждения, не совместимые с жизнью.

4. Численное моделирование позволяет оценить и другие критерии безопасности пассажиров при возникновении крушений пассажирского поезда с учетом жесткостных параметров крепления кресел и повреждений кузова вагона.

Список литературы

1. Азовский А.П., Александров Е.В., Кобищанов В.В. и др. Вагоны. Основы конструирования и экспертизы технических решений: Учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта / Под ред. В.Н. Котуранова. – М.: Маршрут, 2005. – 490 с.
2. Кобищанов В.В., Антипин Д.Я. Оценка безопасности прохождения пассажирскими железнодорожными составами стрелочных переводов // Вестн. БГТУ. – 2012. – № 1. – С. 95–98.
3. Бегун П.И., Шукейло Ю.А. Биомеханика. – СПб.: Политехника, 2000. – 328 с.
4. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 98.99.1.074/1 «Ходовые динамические испытания вагона модели 61-4170». – Тверь, 1999. – 108 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАЕЗДА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ПЕШЕХОДА В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ВИДИМОСТИ

MATHEMATICAL MODEL OF VEHICLE COLLISION WITH A PEDESTRIAN IN POOR VISIBILITY CONDITIONS

Ключевые слова: математическая модель, система координат, событие, дорожно-транспортное происшествие, наезд на пешехода, аварийно-опасная зона, нерегулируемый пешеходный переход.

Keywords: mathematical model, coordinate system, event, traffic accident, collision with a pedestrian, emergency danger zone, unregulated pedestrian crossing.

Аннотация

В статье определены основные допущения, принятые для осуществления возможности расчета дорожно-транспортной ситуации по математическим формулам, особенности наезда на пешехода в условиях недостаточной видимости. При помощи прямоугольной системы координат и математической модели установлены аварийно-опасные зоны на нерегулируемых пешеходных переходах.

Abstract

The article defines the main assumptions used for the calculation of the possible traffic situations by mathematical formulas, features of the collision with a pedestrian in poor visibility conditions. Using the rectangular coordinate system and the mathematical model the emergency danger zones in the unregulated pedestrian crossing are defined.

Гайфуллин Владислав Махмутьянович

Южно-Уральский государственный университет,
старший преподаватель кафедры «Эксплуатация
автомобильного транспорта»;
gaifullinvm@susu.ac.ru

Математическая модель дорожно-транспортного происшествия есть система уравнений, описывающих по представленной информации характер движения транспортных средств и других участников движения, их пространственное положение на дороге в месте происшествия относительно места наезда, столкновение в заданные и иные моменты времени, а также экстренную остановку транспортных средств с момента возникновения опасной ситуации [4].

На основании проведенных исследований построение математической модели следует начать с определения основных допущений, принятых для осуществления возможности расчета дорожно-транспортной ситуации:

1) движение пешехода равномерное, прямолинейное, перпендикулярное проезжей части (пешеход движется по пешеходному переходу);

2) форма светового пятна фар в виде равнобедренной трапеции с высотой S_b , меньшее основание которой равно габаритной ширине транспортного средства L_w ;

3) при возникновении опасности водитель в соответствии с требованиями пункта 10.1 ч. 2 ПДД применяет экстренное торможение [3]. Маневр как средство предотвращения дорожно-транспортных происшествий при возникновении опасности не рассматривается;

4) пешеход принимается в качестве движущейся точки, располагающейся в центре масс горизонтальной проекции стоящего человека на проезжую часть (в действительности пешеход имеет размеры, занимая площадь $0,157 \text{ м}^2$) [1].

Примем факт ДТП совершенным, если в момент наезда точка, обозначающая пешехода, попадает на отрезок L_1L_2 (рис. 1) с координатами $L_1(0; -L_w/2-d)$; $L_2(0; L_w/2+d)$.

В данном случае d – безопасный боковой интервал, который рассчитывается по формуле

$$d = 0,35 + 0,005 \cdot V_a, \quad (1)$$

где V_a – скорость ТС до начала торможения.

Безопасный боковой интервал – свободное пространство справа и слева от боковых габаритных частей обгоняющего (объезжающего) транспортного средства (ТС), обеспечивающее безопасность при избранной скорости движения. Безопасный боковой интервал необходимо учитывать, так как движущееся ТС вследствие различных отклонений занимает несколько большую полосу, чем его габаритная ширина. В процессе торможения ТС также может отклониться влево или вправо, именно эти ситуации предусматривают включение в математическую модель рассмотрение безопасного бокового интервала.

К особенностям рассматриваемого наезда на пешехода отнесем следующие условия:

1) пешеход пересекал проезжую часть перпендикулярно продольной оси дороги;

2) пешеход виден водителю в свете фар ТС (другие источники света отсутствуют);

3) наезд совершен передней частью ТС;

4) время реакции водителя принимается равным 1,4 секунды (ситуационное время реакции водителя, равное 0,8 секунды при недостаточной видимости, увеличено на 0,6 секунды с учетом неконтрастной одежды пешехода по отношению к окружающей среде);

5) математическая модель рассматривает комплекс ситуаций, в которых изначально

$$S_a < S_o,$$

где S_a – расстояние между участниками дорожного движения, м;

S_o – остановочный путь транспортного средства, м.

При этом условии водитель не располагает технической возможностью предотвратить наезд на пешехода, прибегнув к экстренному торможению.

Целью данной модели является определение опасной зоны для пешехода относительно транспортного средства.

Для рассмотрения дорожно-транспортной ситуации (ДТС) используем прямоугольную систему координат XOY, центр которой располагается на пересечении прямых, при условии, что путь пешехода располагается на оси OY, а автомобиля на оси OX (рис. 1).

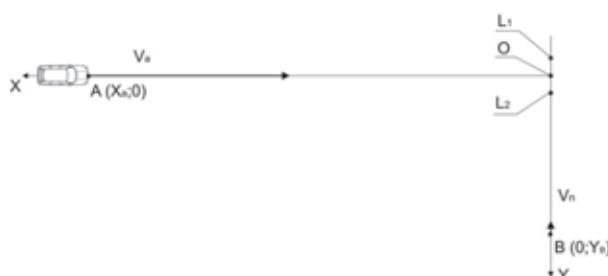


Рис. 1. ДТС в системе координат XOY

Точка $B(0; Y_b)$, обозначающая пешехода, расположена на оси OY, координата Y_b обозначает расстояние от пешехода до центра выбранной координатной оси. Автомобиль будет представлять точка $A(X_a; 0)$, расположенная на оси OX, находящаяся посередине передней части автомобиля, где X_a – расстояние от передней части автомобиля до центра (начала) выбранной системы координат. Координаты точек B и A будут изменяться в зависимости от рассматриваемого события. Событие – совокупность взаимных расположений объектов, рассматриваемых в заданный момент времени.

В качестве первого события примем (Событие 0) – момент возможного наезда (рис. 2), обозначим его t_0 . В этом событии точка A будет иметь координаты $(0; 0)$, т.е. передняя часть автомобиля будет находиться на пути следования пешехода в месте возможного наезда. Точка B будет располагаться на отрезке L_1L_2 .

Таким образом, «отодвигая» в обратных направлениях транспортное средство и пешехода от места возможного наезда до мест, соответствующих моменту возникновения опасности, мы можем установить зону на нерегулируемом пешеходном переходе, движение пешехода через которую в условиях недостаточной видимости является аварийно-опасным.

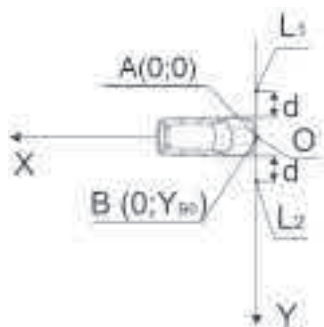


Рис. 2. Событие 0:

XOY – выбранная система координат;
 L_1, L_2 – отрезок пути, при попадании пешехода на который ДТП считаем совершившимся;
 d – безопасный боковой интервал автомобиля;
 A – точка, обозначающая середину передней части автомобиля;
 B – точка, обозначающая пешехода

Рассмотрим Событие 0: $A(0;0)$ – координаты точки, представляющей автомобиль, $B_0(0;Y_{в0})$ – координаты точки, обозначающей местонахождение пешехода, тогда $Y_{в0}$, согласно условию совершения ДТП с учетом бокового интервала автомобиля (2),

$$L_{ш}/2 - d < Y_{в0} < L_{ш}/2 + d, \quad (2)$$

где $L_{ш}$ – ширина автомобиля, м.

Рассмотрим момент возникновения опасности и соответствующее ему заранее неизвестное Событие А (рис. 3).

Точка A_a имеет координаты $(S_a; 0)$, где S_a – расстояние от движущегося транспортного средства до места наезда в момент возникновения опасности, соответствующее попаданию пешехода в световое пятно фар, то есть равное S_a . Точка В имеет координаты $(0; Y_{ва})$. Для имеющихся исходных данных по формуле (2) рассчитываем

$$S_0 = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \cdot \frac{V_a}{3,6} + \frac{V_a^2}{26 \cdot j_a}, \quad (3)$$

где S_0 – расстояние от начала торможения автомобиля до его полной остановки, м;

t_1 – время реакции водителя, с;

t_2 – время срабатывания тормозного привода, с;

t_3 – время нарастания замедления транспортного средства, с;

$t_a = T + tr_T$ – время события А, с;

T – время, необходимое водителю для принятия решения и приведения в действие тормозной системы транспортного средства, с;

tr_T – время движения заторможенного транспортного средства до заданной точки (места наезда), с;

V_a – скорость автомобиля до начала торможения, км/ч;

j_a – установившееся замедление транспортного средства, м/с².

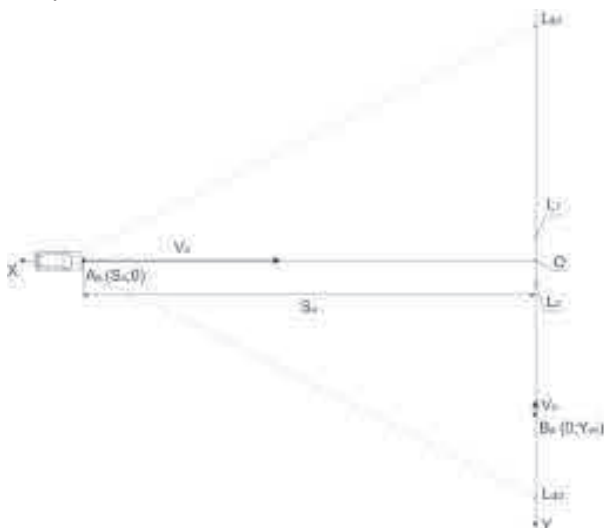


Рис. 3. Событие А:

XOY – выбранная система координат;
 L_1 и L_2 – отрезок пути, при попадании пешехода на который ДТП считается совершившимся;
 $L_{\phi 1}$ и $L_{\phi 2}$ – расстояния видимости водителем элементов дороги на оси ОУ;
 S_a – расстояние между автомобилем и пешеходом в момент возникновения опасности;
 A_a – точка, обозначающая середину передней части автомобиля;
 V_a – вектор скорости движения автомобиля;
 B_a – точка, обозначающая пешехода;
 V_n – вектор скорости движения пешехода

Сложив tr_T и T , получим t_a – время События А.

При заданном V_n (скорость пешехода, м/с) и условии

$$L_{ш}/2 - d < Y_{в0} < L_{ш}/2 + d, \quad (4)$$

а также пути, пройденному пешеходом, равному

$$S_n = t_a \cdot V_n, \quad (5)$$

получим

$$|Y_{в0}| < L_{ш}/2 + d \quad (6)$$

$$Y_{в0} = |Y_{ва}| - V_n t_a \quad (7)$$

$$|Y_{ва}| = Y_{в0} + V_n t_a. \quad (8)$$

Так как $Y_{в0}$ принимает значение с отрезка L_1 , L_2 также предстанет в виде набора значений с отрезка, который является искомой аварийно-опасной зоной в момент пересечения проезжей части пешеходом. Знак $Y_{ва}$ зависит от направления движения пешехода.

Угол падения света фар α относительно боковой части автомобиля обеспечивает видимость на расстоянии видимости $S_{в}$ элементов дороги на оси ОУ в пределах отрезка $L_{\phi 1} L_{\phi 2}$ (с координатами точек $L_{\phi 1}(0; -S_{в} \sin L_{ш}/2)$, $L_{\phi 2}(0; S_{в} \sin L_{ш}/2)$), размер которого более 15 м справа и слева от автомобиля (выявлено в результате эксперимента), это гарантирует попадание опасной зоны в поле зрения водителя.

$$V_0 = \sqrt{26 \cdot S''_{m0} \cdot j_a}, \quad (9)$$

где V_0 – скорость автомобиля в момент наезда, км/ч;

$S''_{m0} = S_0 - S_a$ – расстояние между автомобилем в момент времени, рассмотренный в событии 0 и местом полной остановки, м.

Скорость пешехода в реальных условиях зависит от возраста, пола, темпа движения пешехода, но для математической модели принимается усредненное значение скорости движения неизвестного пешехода, соответствующее шагу $V_n = 1,3$ м/с.

С помощью представленной математической модели можно выявить ряд ситуаций, в которых водитель не успевает начать процесс торможения до наезда, а также ряд ситуаций, в которых такой опасной зоны не будет существовать. К тому же математическая модель рассматривает движение пешехода как справа налево по ходу движения, так и слева направо, что позволяет рассмотреть картину на всем пешеходном переходе.

Таким образом, разработанная математическая модель механизма ДТП в условиях недостаточной видимости позволяет установить зону на нерегулируемом пешеходном переходе, которая является аварийно-опасной для пешехода.

Список литературы

1. Буга П.Г., Шелков Ю.Д. Организация пешеходного движения в городах: Учебное пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1980. – 232 с.
2. Комаров Ю.Я., Клепик Н.К., Ганзин С.В. и др. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий в примерах задачах: Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 290 с.
3. Правила дорожного движения Российской Федерации. – М.: Медиасервис, 2013. – 64 с.
4. Пучкин В.А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: База данных. Экспертная техника. Методы решений. – Ростов н/Д.: ИПО ПИУФУ, 2010. – 400 с.

УДК 621.43.013 : 621.43.001.42

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ВОПРОСЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ДВС АВТОТРАНСПОРТА В РАБОЧЕМ И ТЕСТОВОМ РЕЖИМАХ

ENVIRONMENTAL ASPECTS AND ISSUES OF DIAGNOSIS CAR ENGINE IN THE WORK AND TEST MODE

Ключевые слова: экологическая безопасность, методы и средства диагностирования, тестовое воздействие, диагностические параметры и режимы.

Keywords: environmental safety, methods and

means of diagnosis, the test action, diagnostic parameters and modes.

Аннотация

Представлен анализ влияния автотранспорта на экологическую обстановку в РФ и за рубежом, выявлена связь этапов жизненного цикла автомобиля с его экологичностью, приведены пути повышения надежности работы ДВС за счет применения новых методов и средств диагностирования. Разработаны чувствительные диагностические режимы и параметры для определения основных экологических показателей.

Annotation

Presents an analysis of the impact of transport on the environment in Russia and abroad, revealed a connection lifecycle of the vehicle and its ecology are given ways to improve the reliability of the engine through the use of new methods and means of diagnosis. Found sensitive diagnostic modes and parameters to determine the main environmental indicators.

Гриценко Александр Владимирович

Челябинская государственная агроинженерная академия, доцент, канд. техн. наук,
тел. (351) 262-13-47; alexgrits13@mail.ru

Глемба Константин Вячеславович

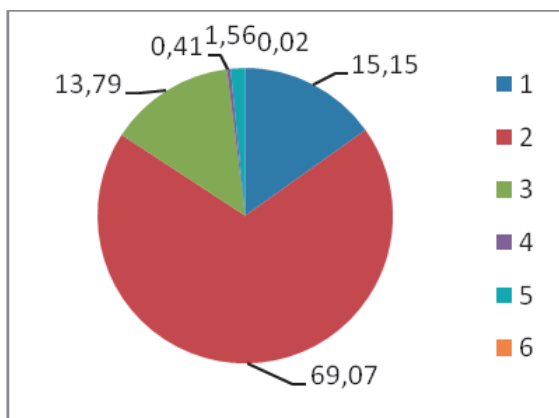
Южно-Уральский государственный университет (НИУ), доцент, канд. техн. наук,
тел. (351) 267-91-21; glemba77@mail.ru

Ларин Олег Николаевич

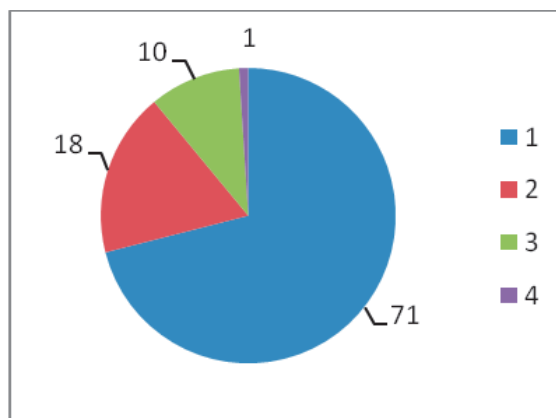
Южно-Уральский государственный университет (НИУ), профессор, д-р техн. наук,
тел. (351) 267-91-21; larin_on@mail.ru

В Российской Федерации, как и в других развитых странах, транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей хозяйства, важнейшей составной частью производственной и социальной инфраструктуры [1–5]. Транспорт играет важную роль в социально-экономическом развитии страны и ее конкурентных преимуществ (с точки зрения транзитного потенциала), а транспортная система обеспечивает условия экономического роста и повышения качества жизни населения. Доступ к безопасным и качественным транспортным услугам определяет эффективность работы и развития производства, бизнеса и социальной сферы. Структура транспорта в общем объеме перевозок грузов и пассажирооборота России представлена на рис. 1 а, б.

Качественные характеристики уровня транспортного обслуживания связаны со скоростью, своевременностью, предсказуемостью, ритмичностью, безопасностью и экологичностью функционирования транспортной системы [1–8]. В настоящее время экологичность при эксплуатации мобильных энергетических средств ставится на первое место. В развитых странах Америки и Европы уже в 2014 г. будут введены нормы ЕВРО-6. Динамику введения норм ЕВРО по годам и регла-



а)



б)

Рис. 1. Структура транспорта в общем объеме:

а) перевозки грузов, %: 1 – железнодорожный (15,15); 2 – автомобильный (69,07); 3 – трубопроводный (13,79); 4 – морской (0,41); 5 – речной (1,56); 6 – воздушный (0,02); б) пассажирооборота, %: 1 – автомобильный (71); 2 – воздушный (18); 3 – железнодорожный (10); 4 – морской (1)

Таблица 1

Динамика введения норм ЕВРО по годам и регламентированное количество вредных выбросов новых автомобилей с принудительным зажиганием ДВС

№ ЕВРО	Действительно с даты: месяц, год введения	CO, г/км	CH, г/км	NO _x , г/км	CH+NO _x , г/км	PM
ЕВРО-1	Декабрь 1992	2,72	-	-	0,97	-
ЕВРО-2	Январь 1997	2,20	-	-	0,5	-
ЕВРО-3	Январь 2000	2,30	0,20	0,15	-	-
ЕВРО-4	Январь 2005	1,00	0,10	0,08	-	-
ЕВРО-5	Сентябрь 2009	1,00	0,10	0,06	-	0,005*
ЕВРО-6	Август 2014	1,00	0,10	0,06	-	0,005*

* с непосредственным впрыскиванием

Таблица 2

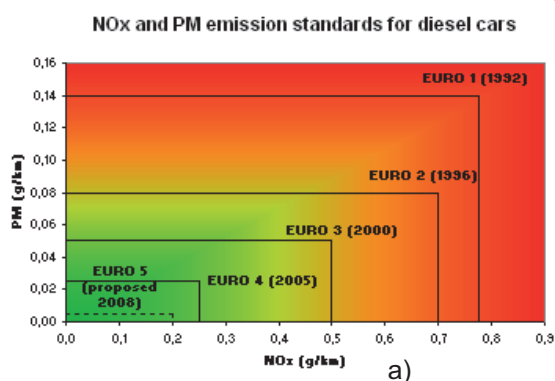
Динамика введения норм ЕВРО по годам и регламентированное количество вредных выбросов новых автомобилей с дизельным ДВС

№ ЕВРО	Действительно с даты: месяц, год введения	CO, г/км	CH, г/км	NO _x , г/км	CH+NO _x , г/км	PM
ЕВРО-1	Январь 1992	3,16	-	-	1,13	0,14
ЕВРО-2	Январь 1996	1,00	0,15	0,55	0,70	0,08
ЕВРО-3	Январь 2000	0,64	0,06	0,50	0,56	0,05
ЕВРО-4	Январь 2005	0,50	0,05	0,25	0,30	-
ЕВРО-5	Сентябрь 2009	0,50	0,05	0,18	0,23	0,005
ЕВРО-6	Август 2014	0,50	0,09	0,08	0,17	0,005

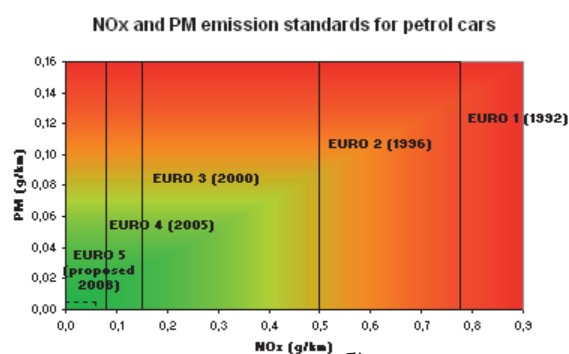
ментированное количество вредных выбросов отображают табл. 1, 2.

Из представленных данных (в табл. 1, 2) следует, что наблюдается устойчивая тенденция снижения норм токсичности, раз: по содержанию СО для бензиновых ДВС – в 2,72, для дизельных ДВС – в 0,63; по CH для бензиновых и дизельных ДВС

– в 2; по NO_x для бензиновых ДВС – в 2,5, для дизельных ДВС – в 6,87; по CH+NO_x для бензиновых – в 5, дизельных – в 6,64; по числу взвешенных частиц для бензиновых – в 25, для дизельных – в 28. Причем, из табл. 1, 2 и рис. 2 а, б видно, что нормы ЕВРО-5 введены в странах Америки и Европы в сентябре 2009 года [1; 6; 7].



а)



б)

Рис. 2. Динамика изменения норм ЕВРО по годам, в зависимости от концентрации выбросов NO_x, г/км и PM, г/км: а) дизельные ДВС; б) бензиновые ДВС

В Российской Федерации введение норм токсичности происходит со значительным отставанием, которое эксперты оценивают в 10 лет, это в свою очередь замедляет обновление парка автомобилей. На рис. 3 наглядно представлено распределение состава автомобильного парка в РФ по нормам ЕВРО, где современным требованиям экологии соответствует 4,9% (ЕВРО-4/ЕВРО-5), переходных моделей с требованиями ЕВРО-3 составляет 8,5%. Данные уровни экологического исполнения достижимы только с применением на заводах конструктивных мероприятий, автомобилестроительные заводы РФ уже перешли на изготовление автомобилей с нормами ЕВРО-4/ЕВРО-5. Численность же автомобилей, соответствующих нормам ЕВРО-2, составляет 8,6%, и на данный момент эта категория автомобилей подлежит утилизации [1; 5]. Наибольшая же сложность ситуации состоит в том, что 78% всего состава автомобильного парка РФ соответствует нормам ЕВРО-0/ЕВРО-1, а с нормами ЕВРО-2 в общем это составляет 86,6%.

В 2011 г. численность парка легковых автомобилей составила 36,4 млн ед., что выше уровня 2000 г. на 79%. При этом автобусные перевозки в стране сократились на 42%. В связи с ростом автомобилизации возникли проблемы устойчивости и безопасности городских транспортных систем. Динамику роста числа транспортных средств РФ отражает рис. 4.

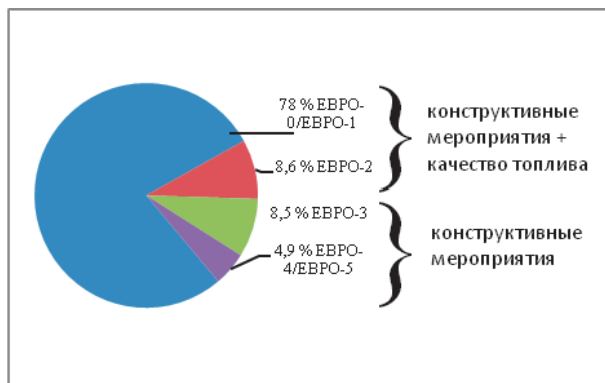


Рис. 3. Распределение состава автомобильного парка в РФ по нормам ЕВРО (2012 г.)

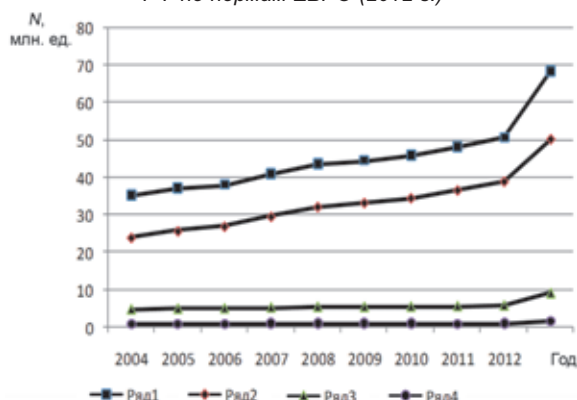


Рис. 4. Динамика роста числа транспортных средств в РФ и прогноз роста до 2020 года: ряд 1 — общее количество ТС; ряд 2 — легковые; ряд 3 — грузовые; ряд 4 — автобусы

На рис. 4 заметна общая тенденция роста числа всех видов транспортных средств. По состоянию на 1 января 2014 г. на регистрационном учёте в Госавтоинспекции состоит более 50,5 млн ед. транспортных средств. Причем основную часть из них — 76,7% или 38,7 млн ед. — составляют легковые автомобили. За последние 8 лет, по сравнению с 2004 годом, транспортный парк страны вырос на 44,2%, то есть более чем на 15 млн транспортных средств. В среднем ежегодно прирост транспорта составляет 5,5%. Основное увеличение происходит за счёт легковых автомобилей: по сравнению с 2004 г. их количество выросло на 62,7%, или на 14,9 млн ед. По прогнозам к 2020 г. парк легковых автомобилей возрастет до 50 млн. Также высокими темпами растёт численность грузовых автомобилей. Их число выросло на 22,9% и составило свыше 5,7 млн ед. По прогнозам к 2020 году парк грузовых автомобилей возрастет до 9 млн. Примерно такими же темпами — на 22,8% — увеличилась численность автобусов: на сегодняшний день в России эксплуатируется 924,5 тыс. автобусов. По прогнозам к 2020 г. парк автобусов возрастет до 1,46 млн ед. Общая численность транспортных средств в РФ к 2020 г. составит 68,26 млн ед. [1; 6; 7].

Таким образом, автомобильный транспорт и автомобильные перевозки в целом развиваются ускоренными темпами, что требует одновременной разработки инфраструктуры транспортных услуг, дилерских центров по обслуживанию техники, а в частности, разработки новых совершенных средств диагностирования.

Современный автомобиль должен быть экономичным, экологически чистым, элегантным, высоконадежным, комфортабельным и высокоскоростным транспортным средством. Чтобы обеспечить такие требования, помимо классического оборудования устанавливаются новейшие средства автоматического управления, контроля и регулирования. Все эти изделия бортовой автоматики управления, контроля и регулирования объединены в автотронную систему, которая уже сегодня является прототипом будущих полностью компьютеризированных больших универсальных систем автоматического управления, контроля и регулирования на автотранспорте [8].

В настоящее время на современных автомобилях наиболее распространены не универсальные, а специализированные автотронные системы. К ним относят: системы впрыска топлива для бензиновых двигателей; экологическую систему; микропроцессорные системы электроискрового зажигания с дополнительными функциями регулирования; комплексные электронные системы автоматического управления бензиновым ДВС (ЭСАУ-Д); электронные системы управления гидравлическими тормозами; системы электронного управления автоматической коробкой переключения передач [2; 3].

В современных условиях глобальным требованием к новейшим автомобильным электрическим и электронным системам является неукосни-

тельное исполнение международных стандартов OBD-II (США) и EOBD-II (Европа), которые также продолжают совершенствоваться.

Техническое диагностирование микропроцессорной системы управления двигателем (МСУД ДВС) (диагностирование системы особого класса, которая обладает рядом существенных особенностей объектов технического диагностирования) электронных устройства и систем, которые могут быть разделены на 3 группы: системные, вытекающие из функционального назначения МСУД и принципов ее действия; конструктивные, связанные с техническим исполнением, элементной базой, уровнем техники; эксплуатационные, являющиеся следствием первых двух групп и определяющие специфику технического диагностирования МСУД и средств, ее обеспечивающих [1–3].

Следствием системных и конструктивных особенностей МСУД, как объекта диагностирования, являются особенности СТД. На данном этапе конструктивного совершенствования механизмов и систем ДВС очень важная роль отводится быстродействию и уменьшению времени реакции исполнительных элементов на возникающие изменения режимных и скоростных параметров ДВС.

Рассмотрим пример: систему управления топливоподачи бензинового двигателя с электронной системой управления ДВС. Для повышения экологических и экономических показателей работы ДВС необходимо конструктивное совершенствование системы управления ДВС с целью уменьшения времени реакции на изменения нагрузочных параметров, для чего была разработана система управления бензинового двигателя с МСУД [1; 8]. Рассмотрим зависимость времени корректирующих действий t от изменяющихся нагрузочного режима R работы ДВС, коэффициента b избытка воздуха, цикловой подачи топлива Q и частоты вращения коленчатого вала ДВС n для системы управления бензинового двигателя с МСУД (рис. 5).

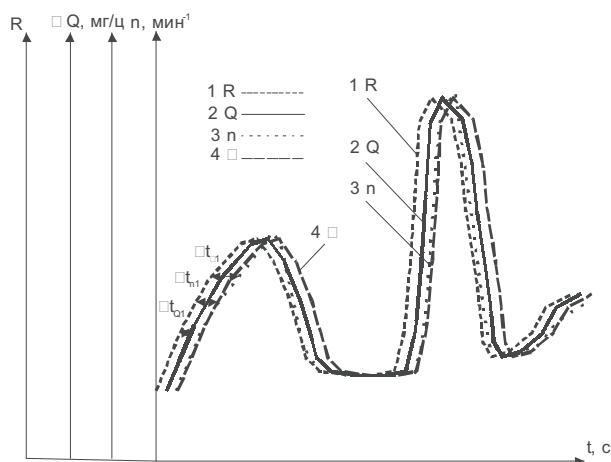


Рис. 5. Зависимость времени t , с корректирующих действий от изменяющихся нагрузочного режима R работы ДВС, цикловой подачи топлива Q , мг/ц, частоты n , мин⁻¹ вращения коленчатого вала ДВС и коэффициента b избытка воздуха

Из рис. 5 видно, что применение системы уп-

равления бензинового двигателя с МСУД позволило значительно снизить время корректирующих действий: $\square t_{Q1} \square \text{min}$, $\square t_{n1} \square \text{min}$, $\square t_{\square} \square \text{min}$. Снижение времени корректирующих действий привело к росту прецизионности обеспечения заданных значений параметров и их дифференцированности. Суммируя вышесказанное, можно представить упрощенную схему взаимодействия систем ДВС автотранспорта и корректирующих действий (рис. 6).

Из представленной схемы (рис. 6) видно, что система энергообеспечения располагается в центре и является системообразующей для остальных систем: МСУД, топливоподачи, смазки и впуска. Причем все больше периферийных систем и механизмов включается в общую систему энергообеспечения [8].

Поясним структурные связи внутри схемы на рис. 6. Система топливоподачи для ДВС обеспечивает заданные значения цикловой подачи форсунки $Q_{\text{цт}}$ и времени подачи $t_{\text{цт}}$, при этом МСУД участвует в их поддержании и коррекции для любых режимов эксплуатации. Система впуска обеспечивает значения параметров подача воздуха $Q_{\text{вв}}$, времени $t_{\text{вв}}$ и угла открытия впускного клапана $\angle_{\text{вв}}$. При этом МСУД корректирует эти параметры и адаптирует под изменяющиеся режимы и конкретные условия эксплуатации. На выходе ДВС при работе перечисленных систем датчики фиксируют изменения выходного напряжения U_n и тока датчика кислорода I_n , напряжение, генерируемое датчиком детонации $U_{\text{дд}}$, частоту вращения коленчатого вала ДВС, выходное напряжение датчика давления подаваемого воздуха $U_{\text{дв}}$. На основании этих выходных данных ДВС микропроцессорная система управления ДВС формирует воздействия в виде изменения коэффициента топливокоррекции, коэффициента избытка воздуха, угла опережения зажигания и др. При этом система энергообеспечения традиционно питает все электропотребители, а также в значительной степени задействована в процесс поддержания обмена информацией, управления элементами, внутреннего диагностирования практически всех систем, адаптацией работы систем к изменяющимся техническому состоянию систем и условиям эксплуатации. Таким образом, степень охвата управлением, коррекцией и адаптивностью данных систем очень высока и все более повышается [1; 8].

В результате проведенного анализа выявлено, что конструктивное совершенствование основных механизмов ДВС осуществляется по следующим направлениям: повышение качества изготовления деталей, сборки узлов и агрегатов машин; количественное увеличение датчиков и исполнительных механизмов, контролирующих и управляющих параметрами функционирования механизмов ДВС, других агрегатов машин; обеспечение прецизионности (точности) корректировок величины

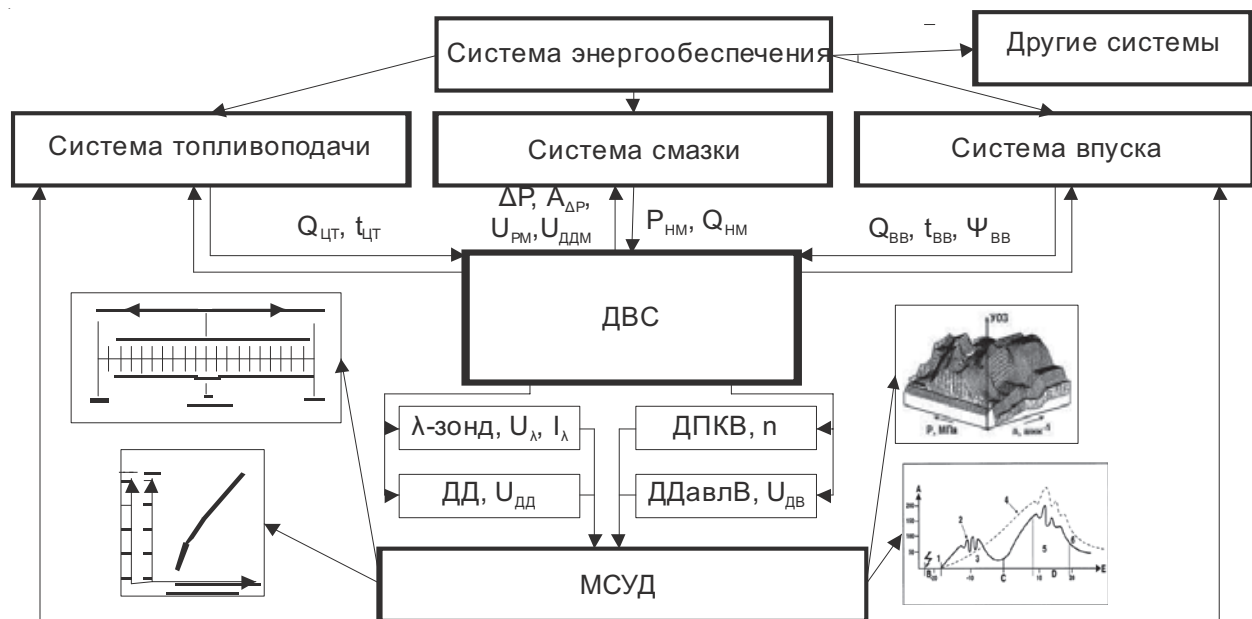


Рис. 6. Упрощенная схема взаимодействия систем ДВС автотранспорта и корректирующих действий: λ -зонд – датчик кислорода; ДПКВ – датчик положения коленчатого вала; ДД – датчик детонации; ДДавлВ – датчик давления воздуха; $Q_{ЦТ}$, $t_{ЦТ}$ – цикловая подача форсунки, мг/ц и время подачи, с; $U_{ДДМ}$ – выходное напряжение датчика давления масла, В; $U_{РМ}$ – выходное напряжение датчика расхода масла, В; ΔP – параметры пульсаций давления в масляной магистрали, МПа; $A_{\Delta P}$ – амплитудные и частотные параметры пульсаций давления, МПа; $P_{НМ}$, $Q_{НМ}$ – давление, МПа и подача масляного насоса, м³/с; $Q_{ВВ}$ – подача воздуха, м³/с; $t_{ВВ}$, $\psi_{ВВ}$ – время и угол открытия впускного клапана; U_{λ} , I_{λ} – выходные напряжение, В и ток датчика кислорода, А; $U_{ДД}$ – напряжение генерируемое датчиком детонации, В; n – частота вращения коленчатого вала ДВС, мин⁻¹; $U_{ДВ}$ – выходное напряжение датчика давления подаваемого воздуха, В

рабочих параметров систем ДВС в зависимости от изменения режимов, условий эксплуатации МЭС, а также ухудшения технического состояния самих механизмов (на основе самодиагностики и корректировки их параметров); дифференцирование величины параметров рабочих процессов машин в зависимости от изменения режимов и условий эксплуатации.

В настоящий момент значительными темпами развивается тестовая система диагностирования [1; 8–17]. Существующие на сегодняшний день методы тестирования программного обеспечения МСУД не позволяют однозначно и полностью выявить все дефекты и установить корректность функционирования ЭБУ [1; 5; 8]. Существует несколько признаков, по которым принято производить классификацию видов тестирования [1; 8]. Выделяют классификационную категорию по объекту тестирования (рис. 7).



Рис. 7. Классификация по объекту тестирования

В МСУД распространены и заслуживают особого внимания тестирование нагрузочное и стресс-методом. Нагрузочное тестирование (англ. *Load Testing*) – определение или сбор показателей производительности и времени отклика программно-технической системы или устройства в ответ на внешний запрос с целью установления соответствия требованиям, предъявляемым к данной системе (устройству). Для исследования времени отклика системы на высоких или пиковых нагрузках производится стресс-тестирование, при котором создаваемая на систему нагрузка превышает нормальные сценарии её использования [1; 5; 8].

В нашей работе уделяется внимание тому, что тестирование систем на МЭС (по степени участия объекта в тестировании) может быть подразделено на три вида (рис. 8). Причем, если рассматривать уровень оснащенности отрасли тестовыми системами диагностирования, то наблюдается четкая тенденция роста числа третьего вида тестовых систем при снижении числа двух других (рис. 9) [8–17].

Таким образом, обозначено новое направление тестового диагностирования – тестирование динамического объекта в процессе эксплуатации или использования с целью автоматического управления его работой. Современный уровень конструктивного совершенствования систем ДВС идет со значительным опережением по отношению к конструктивному совершенствованию СТД, что объясняется тенденцией увеличения конструктивной и эксплуатационной надежности автотранспортных средств при минимальном использова-

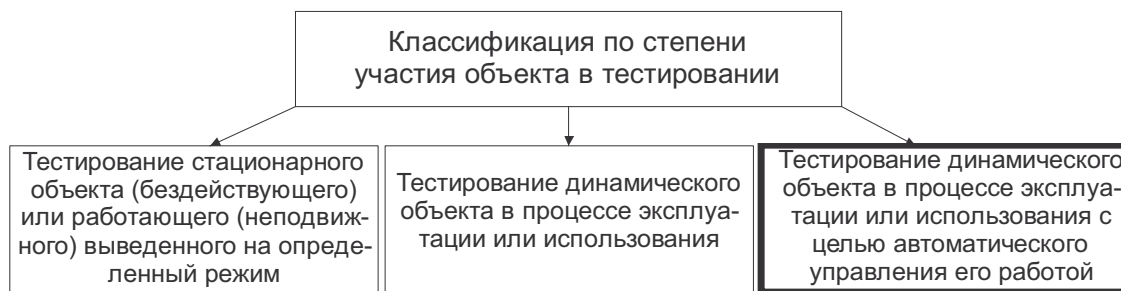


Рис. 8. Классификация видов тестирования систем на МЭС по степени участия объекта в тестировании

нии диагностических, обслуживающих и ремонтных воздействий, а также большой разномарочностью автомобилей, значительным разнообразием систем и механизмов ДВС, отсутствием единых требований к исполнению систем диагностирования, систем автотроники и электроники и др.

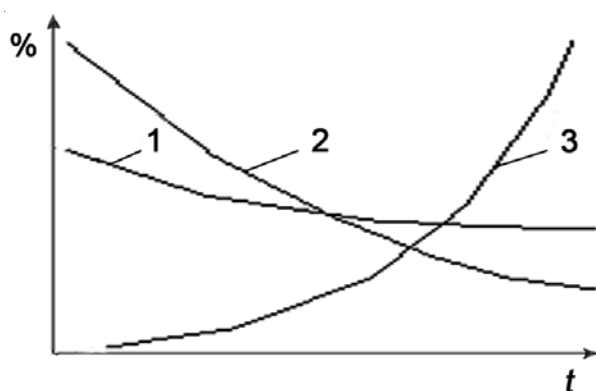


Рис. 9. Динамика развития систем тестового диагностирования: 1 – тестирование стационарного объекта (бездействующего) или работающего (неподвижного), выведенного на определенный режим; 2 – тестирование динамического объекта в процессе эксплуатации или использования; 3 – тестирование динамического объекта в процессе эксплуатации или использования с целью автоматического управления его работой

Современные тенденции развития методов и средств диагностирования заставляют разработчиков находить новые возможности для повышения вероятности выявления неисправностей (рис. 10) [1; 8–17]. Так, на первой ступени существовали методы и СТД, которые позволяли производить диагностирование по функциональным параметрам работы ДВС, часто это были обобщенные параметры технического состояния. Данные методы позволяли производить оценку технического состояния с вероятностью P_{B1} .

На втором этапе к уже существующим методам и СТД добавляются средства для поэлементного диагностирования. При этом дополнительно вероятность P_{B1} удалось увеличить на ΔP_{B2} . Последующая разработка методов и СТД заключалась в дифференцировании режимов, повышении достоверности за счет высокой разрешающей способности СТД, возможности проведения стресс- и нагрузочного тестирования отдельных элементов систем ДВС, встроенного автоматического тестирования.

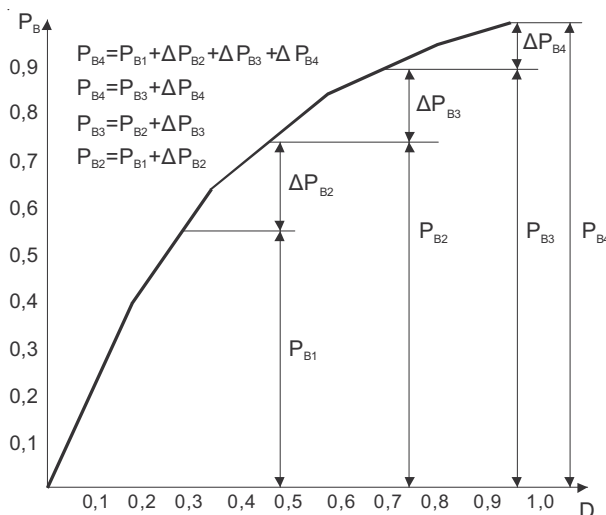


Рис. 10. Зависимость вероятности выявления неисправностей систем и узлов ДВС от достоверности диагностирования: P_{B1} – вероятность выявления неисправностей при диагностировании по функциональным параметрам; P_{B2} – то же при поэлементном диагностировании и функциональным параметрам; P_{B3} – то же при тестовом диагностировании, поэлементном диагностировании и функциональным параметрам; P_{B4} – то же при автоматическом встроенном тестовом диагностировании, внешнем тестовом диагностировании, поэлементном диагностировании и диагностировании по функциональным параметрам

Суммарное значение вероятности P_{B4} сложится из суммы вероятности выявления неисправностей по функциональным параметрам P_{B1} и приращений вероятности за счет поэлементного диагностирования ΔP_{B2} , внешнего тестового диагностирования ΔP_{B3} и автоматического встроенного тестового диагностирования ΔP_{B4} :

$$P_{B4} = P_{B1} + \Delta P_{B2} + \Delta P_{B3} + \Delta P_{B4}.$$

Таким образом, за счет применения тестового диагностирования удалось приблизить P_{B3} к 0,9 (рис. 10), а на четвертом этапе для обеспечения P_{B4} , близкой к единице, потребовалась разработка методов и СТД с автоматическим встроенным тестовым диагностированием при высокой прецизионности режимов и значительной их дифференциации [1; 5–17].

Выводы

С целью повышения экологических и экономических показателей была разработана система

управления бензинового двигателя с МСУД. Такое конструктивное совершенствование системы стало возможным путем уменьшения времени реакции на изменения нагрузочных параметров, для чего производилось стресс-тестирование, при котором создаваемая на систему нагрузка превышает нормальные сценарии её использования [8–12].

Современные тенденции развития методов и средств диагностирования должны быть направлены на повышение вероятности выявления неисправностей, заключающееся в дифференцировании режимов, повышении достоверности при высокой разрешающей способности СТД, возможности проведения стресс- и нагрузочного тестирования отдельных элементов систем ДВС, встроенного автоматического тестирования [8; 9].

Список литературы

1. Гриценко А.В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания (экспериментальная и производственная реализация на примере ДВС автомобилей): Дис. ... д-ра техн. наук. – Челябинск, 2014. – 397 с.
2. Яковлев В.Ф. Диагностика электронных систем автомобиля: Учеб. пособие. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003. – 272 с.
3. Соснин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.
4. Ерохов В.И. Системы впрыска бензиновых двигателей: конструкция, расчет, диагностика: Учеб. для вузов. – М.: Горячая линия: Телеком, 2011. – 552 с.
5. Гриценко А.В. Методы и средства тестового диагностирования системы питания двигателей внутреннего сгорания автомобилей: технологические рекомендации. – М.: Изд-во ГОСНИТИ, 2013. – 40 с.
6. Плаксин А.М., Гриценко А.В. Взаимосвязь конструктивного совершенствования мобильных энергетических средств с методами диагностирования их технического состояния // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10. – Ч. 15. – С. 3373–3377.
7. Плаксин А.М., Гриценко А.В. Разработка средств и методов тестового диагностирования машин // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2013. – № 12. – С. 123–128.
8. Гриценко А.В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания (экспериментальная и производственная реализация на примере ДВС автомобилей). Автореферат дис. ... д-ра техн. наук. – Челябинск, 2014. – 40 с.
9. Гриценко А.В., Плаксин А.М., Цыганов К.А. Концептуальные вопросы разработки тестовых систем диагностирования мобильных энергетических средств // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2013. – Т. 65. – С. 9–19.
10. Гриценко А.В. Разработка средств и методов диагностирования с частично параллельным резервированием элементов, а также с устранением лишних диагностических операций и диагностических параметров // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2012. – № 7. – С. 120–125.
11. Пат. 2418190 РФ, МПК F 02 М 65/00. Способ диагностирования системы топливоподачи двигателя / А. В. Гриценко и [др.]. – Заявл. 22.06.09; опубл. 10.05.11, Бюл. № 13.
12. Гриценко А.В. Метод диагностирования газораспределительного механизма по параметрам расхода воздуха и фаз газораспределения ДВС // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2012. – Т. 62. – С. 32–34.
13. Гриценко А.В., Куков С.С. Диагностирование систем ДВС на тестовых статических режимах // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2012. – Т. 61. – С. 31–38.
14. Прибор для комплексной и поэлементной диагностики механизмов и систем двигателя внутреннего сгорания: информ. л. №74-007-13 / Гриценко А.В., Куков С.С., Цыганов К.А. – Челябинск: Челябинский ЦНТИ, 2013.
15. Гриценко А.В., Глемба К.В., Ларин О.Н. Диагностирование датчиков массового расхода воздуха легковых автомобилей // Вестник Южно-Уральского государственного университета (НИУ). Серия «Машиностроение». – 2013. – Т. 13, №2. – С. 113–118.
16. Гриценко А.В., Куков С.С., Глемба К.В. Методические приемы повышения точности диагностирования подшипников коленчатого вала // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2010. – Т. 57. – С. 51–56.
17. Гриценко А.В., Куков С.С. Определение эффективности использования средств технического диагностирования с учетом частоты отказов систем ДВС // Вестник Челябинской государственной агроинженерной академии. – 2012. – Т. 60. – С. 45–48.

УДК 331.452 : 316.454.3 : 614.87.2

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ЗА СЧЕТ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФОТБОРА

REDUCTION OF OCCUPATIONAL INJURY RATE BY PSYCHOPHYSIOLOGICAL PROFESSIONAL SELECTION

Ключевые слова: производственный травматизм; человеческий фактор; «человек – машина – окружающая среда»; критерии профотбора; склонность к риску.

Keywords: operational injuries; human factor; «human – machine – environment»; criteria of professional selection; propensity to risk.

Аннотация

Предложено расширить перечень профессий, для которых необходим психофизиологический отбор, и разработать новую методику профессионального психофизиологического отбора, которая будет ориентирована на более углубленное изучение «человеческого фактора». Рассмотрены основные группы критериев профотбора с точки зрения взаимодействия в системе «человек – машина – окружающая среда». В качестве примера профотбора приведен тест, который оценивает склонность человека к риску.

Annotation

It is offered to expand the list of professions for which psychophysiological selection is necessary and to develop a new technique of professional psychophysiological selection which will be guided by more profound studying of a «human factor». The main groups of professional selection criteria are considered in terms of interaction in the system «human – machine – environment». An example of

professional selection using such criteria is given a test that evaluated human propensity to risk.

Инжеватова Анастасия Юрьевна

Уральский государственный университет путей
сообщений, аспирант, кафедра «Техносферная
безопасность», инженер,
Научно-исследовательский институт охраны
труда в г. Екатеринбурге,
тел. 89506520289, 8(343)371-10-17;
ainzhievatova@mail.ru.

Снижение уровня производственного травматизма и профилактика несчастных случаев в подразделениях ОАО «РЖД» – одна из наиболее актуальных проблем. Проводимая в ОАО «РЖД» работа по охране труда и созданию безопасных рабочих мест позволила в 2012 г. сохранить тенденцию к снижению случаев производственного травматизма. Динамика производственного травматизма приведена на рис. 1.

Причины травмирования работников можно структурировать по основным четырем направлениям: нарушение технологии производства работ, нарушение требований безопасности при производстве работ, нарушение трудовой и производственной дисциплины, неудовлетворительная организация и контроль над производством работ.

Анализ основных причин травмирования и гибели работников ОАО «РЖД» показывает, что основными остаются причины организационного характера (82,8%), в том числе человеческий фактор (рис. 2).

Человеческий фактор – многозначный термин, описывающий возможность принятия человеком ошибочных или нелогичных решений в конкрет-

ных ситуациях [2]. Это определение вкладывает в понятие «человеческий фактор» негативный смысл и характеризует его только как причину неудовлетворительной работы человека. С другой стороны, человеческий фактор можно рассмотреть как показатель надежности работника в системе «человек – машина – среда». В этом случае человеческий фактор включает в себя комплексную оценку взаимосвязи психофизиологических особенностей работника, его способности к адаптации в сложных производственных ситуациях (надежности работника), надежности оборудования и факторов окружающей среды.

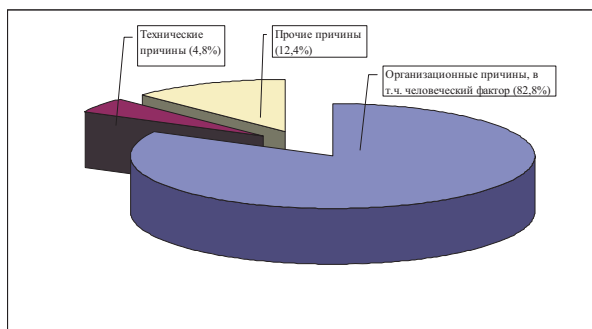


Рис. 2. Причины несчастных случаев в ОАО «РЖД» в 2012 году

На сегодняшний день в ОАО «РЖД» проводится работа, направленная на снижение влияния человеческого фактора на возникновение случаев производственного травматизма.

Снижение уровня производственного травматизма за счет человеческого фактора может быть достигнуто:

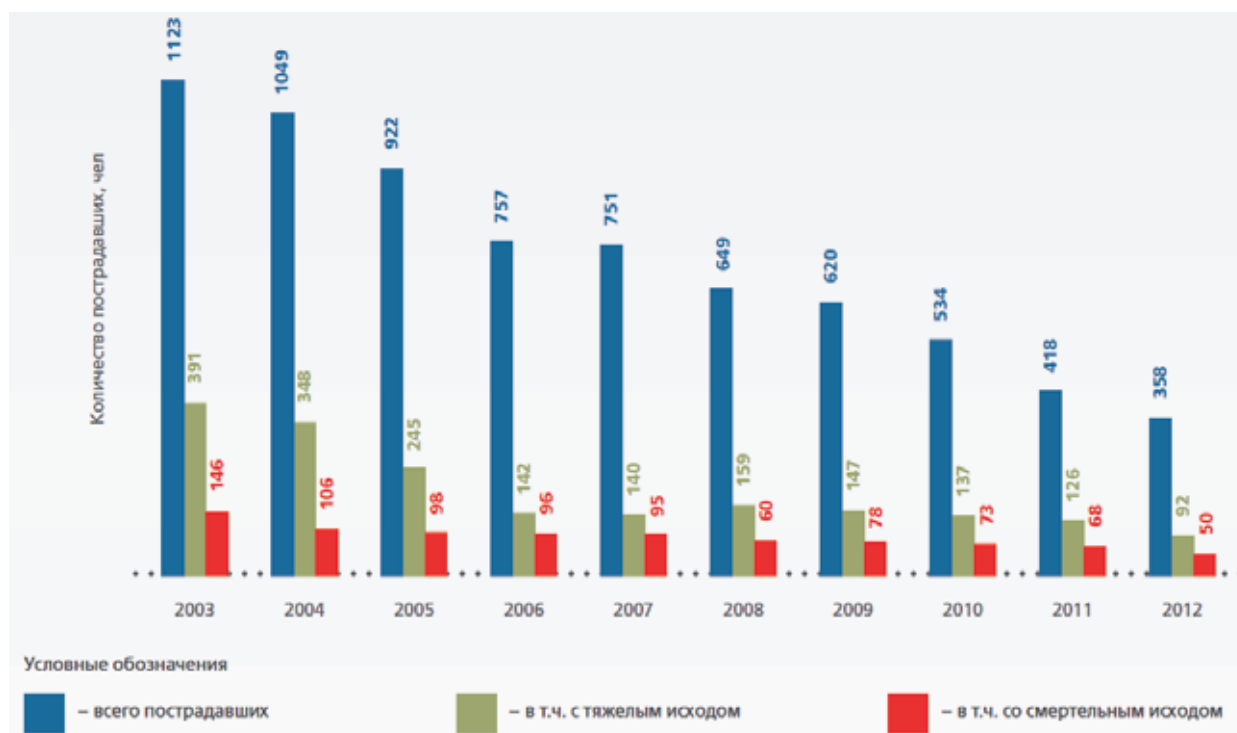


Рис. 1. Динамика производственного травматизма в ОАО «РЖД» за 2003-2012 годы

– путем разработки таких технических средств, которые бы обеспечили безаварийную работу железнодорожного транспорта за счет совершенствования техники;

– совершенствованием отбора и подготовки работников, улучшением условий их профессиональной деятельности.

Многие существующие исследования и технические разработки позволяют решать проблему человеческого фактора в системе «человек – машина – среда» [1].

Так, например, в настоящее время на железной дороге широкомасштабно внедрены и действуют уникальные информационные системы:

– телемеханическая система контроля бодрствования машиниста (ТСКБМ), функционирующая на основе новой технологии контроля состояния человека. Система не допускает засыпания машиниста, а при снижении уровня активного бодрствования ниже критического включает функцию экстренного торможения поезда. В настоящий момент все поставляемые на железные дороги России новые локомотивы, в том числе моторвагонного подвижного состава («Сапсан», «Де-зиро» и др.), оборудуются системой ТСКБМ;

– комплекс универсальный психодиагностический (УПДК-МК), предназначенный для профессионального отбора (далее профотбора) машинистов по психофизиологическим параметрам и выявления лиц, непригодных к профессии;

– информационно-аналитическая автоматизированная система предрейсовых осмотров (АСПО), позволяющая не допускать к рейсу работников, принадлежащих к группе повышенного риска. Система внедрена на всех железных дорогах ОАО «РЖД» и объединяет более 1700 терминалов. Корпоративная база данных собирает результаты предрейсовых осмотров работников локомотивных бригад всех дорог и содержит более 100 млн обследований.

Несмотря на наличие вышеописанных информационных систем, проблема человеческого фактора все еще присутствует.

Понятие «человеческий фактор» характеризуется чрезвычайной многогранностью и сложностью. На практике применение этого понятия сводится, как правило, к поиску самых простых, очевидных и грубых его проявлений.

По словам руководства Свердловской железной дороги [2], гибнут и травмируются в основном высококвалифицированные специалисты. Работает формула: нарушение правил безопасности из-за переоценки своих возможностей и опыта плюс недооценка внешних факторов. Это действует более чем в половине случаев смертельного травматизма. Работник с большим опытом работы знает, как обойти требования инструкции и при этом выполнить работу с гораздо меньшими усилиями и временными затратами. Культура безопасности в настоящий момент находится на низком уровне. В этом случае для предотвращения

несчастных случаев необходимо понять причинно-следственную связь, которая толкает работника на заведомые нарушения, и разработать системный подход к распознаванию проблем, связанных с «человеческим фактором». Необходимо выявить внутренние психологические установки сотрудника и определить, как можно воздействовать на эти качества, чтобы избежать ошибки и возникновения несчастного случая.

На Свердловской железной дороге более 15 лет проводится работа по психофизиологическому отбору на ряд профессий (электромонтеры, машинисты локомотивов и помощники машинистов, дежурные по станции, поездные диспетчеры).

По данным мониторинга несчастных случаев на производстве за 2013 год, основными виновниками являются руководители и заместители руководителей высшего и среднего звена (76% от всех виновных), в то время как вина самого пострадавшего составляет 24%.

В связи с этим появилась необходимость расширить перечень профессий, для которых необходим психофизиологический отбор, и разработать новую методику профессионального психофизиологического отбора, которая будет ориентироваться на более углубленное изучение «человеческого фактора».

Применение новой методики позволит решить 2 задачи:

– не допустить к работе людей, чьи профессиональные качества не соответствуют требованиям выполняемой ими деятельности;

– распределить работы с учетом индивидуальных особенностей конкретных исполнителей.

Возникает вопрос: как проводить отбор руководителей среднего звена и непосредственных исполнителей при назначении на должность и осуществлять периодический контроль за изменением необходимых качеств и компетенций?

Для того чтобы провести такой профотбор, необходимо определить критерии, по которым можно будет осуществлять мониторинг и оценку компетенций.

Поэтому предлагается проводить профотбор по двум группам критериев. К первой группе относятся требования, необходимые для достижения высокого уровня профессиональной успешности, так называемые квалификационные характеристики. Ко второй группе – критерии, характеризующие адекватное поведение в травмоопасной производственной среде. Они могут не являться профессионально значимыми с точки зрения выполнения самой работы, но важны для сохранения здоровья и профессионального долголетия. Эти критерии в большинстве случаев связаны с риском и некоторыми личностными характеристиками. К таким критериям можно отнести самоконтроль, стрессоустойчивость, мотивационные установки, склонность к риску. Следовательно, при профотборе на опасные работы целесообразно анализировать результаты тестов, заданий, ком-

пьютерных программ, оценивающих вышеперечисленные показатели, в том числе индивидуальную склонность к риску.

Существует большое количество компьютерных программ и диагностических комплексов для психофизиологического отбора на профессии с повышенной опасностью. Например, лабораторией физиологии и психологии труда в «НИИ Охраны труда в г. Екатеринбурге» разработана компьютерная программа, которая оценивает склонность человека к риску и помогает сформировать так называемые «группы риска» на предприятии.

Суть программы заключается в следующем. Испытуемому предъявляются выдвигающиеся поочередно на экран монитора прямые линии разной длины, движущиеся с постоянной скоростью. Испытуемый должен остановить линию нажатием клавиши до её окончания. Каждой линии присваивается определенное количество баллов, пропорциональное её длине. Предварительно испытуемому ставится задача набрать максимальное количество баллов, при этом сообщается о порядке начисления баллов, а также указывается, что если он не успел нажать на клавишу до окончания линии, то баллы данной линии вычитаются из набранного результата.

В результате склонность к риску оценивают следующим образом: как более выраженную в случае, если набранная испытуемым средняя по всем линиям сумма баллов без учета знака составляет более 75% от средней суммы баллов всех линий; если набранная средняя сумма баллов без учета знака меньше 35% от средней суммы баллов всех линий, то это поведение испытуемого характеризуют как осторожное. Для оценки избегания наказания в задание вводят короткие линии, длина которых в 5-10 раз короче остальных, их баллы не суммируют с набранным результатом, а для оценки реакции избегания наказания определяют сумму баллов ответов на линии, следующие за короткими, и относят их к набранной сумме баллов.

Предложенный способ позволяет дифференцировать лиц, склонных к риску, и лиц с осторожным поведением. Способ может найти широкое применение при психофизиологическом профессиональном отборе, в частности для работников опасных профессий и руководителей работ.

Минимизация уровня производственного травматизма возможна только при наличии в трудовых коллективах квалифицированных кадров, прошедших соответствующее обучение по охране труда. В связи с этим в программы обучения по охране труда должны включаться вопросы, связанные с психологией безопасности, надежностью и другие, учитывающие все элементы системы «человек – машина – среда».

Учитывая изложенное, необходима разработка единой концепции мероприятий по учету человеческого фактора в профилактике производственного травматизма. Ее основными принципами должен быть учет всех аспектов человеческо-

го фактора и направленность на профилактику несчастного случая.

Список литературы

1. Анализ состояния условий и охраны труда в ОАО «РЖД» за 2012 год: отчет ОАО «РЖД». – М., 2013. – 102 с.
2. Википедия: электронная энциклопедия. URL: <http://www.ru.wikipedia.org> (дата обращения: 10.10.2013).
3. РЖД: электронный портал. URL: <http://www.rzd.ru> (дата обращения: 10.10.2013).
4. Гудок: электронная газета. 2013. URL: <http://www.gudok.ru/newspaper> (дата обращения 10.10.2013).
5. Компьютерный тест «Способ оценки склонности человека к риску»: пат. 2013127747/20(041368) Рос. Федерации.

УДК 687.157.017

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БЕЗОШИБОЧНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПИЛОТА В СИСТЕМЕ «ЭКИПАЖ – ВОЗДУШНОЕ СУДНО» ПРИ ОТКАЗЕ ОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПОЛЁТЕ

RESEARCH OF POSSIBILITY OF PILOT'S FAULTLESS OPERATION IN SYSTEM «CREW – AIRCRAFT» IN CASE OF ENGINE FAILURE IN FLY

Ключевые слова: исследование, безошибочность, надежность, пилот, вертолёт.

Keywords: research, faultless, reliability, pilot, helicopter.

Аннотация

В данной статье приведен расчет вероятности безошибочной работы пилота в системе «экипаж – воздушное судно» при возникновении особых случаев в полете на примере случая отказа одного двигателя при выполнении висения на высоте десять метров. Рассмотрен вопрос надежности пилота в зависимости от его уровня подготовки.

Annotation

In this paper presents basis of pilot's reliability in system «crew – aircraft» in abnormal case considered on the example of failed engine during hovering stage in height of ten meters. They also consider a problem of relation pilot's reliability and his piloting skills.

Калёнов Вячеслав Евгеньевич,

Санкт-Петербургский государственный
университет гражданской авиации, аспирант
кафедры лётной эксплуатации и
профессионального обучения авиационного
персонала,
тел. 8-911-978-80-48; kalenovslava@yandex.ru

Калёнова Ольга Вячеславовна,
Санкт-Петербургский национальный
исследовательский университет информационных
технологий, механики и оптики, студентка
факультета компьютерных технологий и
управления,
тел. 8-911-978-80-48; kalenovaolga@yandex.ru

Пилот является элементом системы «экипаж – воздушное судно». Надежность пилота определяется его способностью к сохранению заданной эффективности работы при усложнении окружающей обстановки. Надежность человека-оператора характеризуется безошибочностью, готовностью, восстанавливаемостью и своевременностью.

Основным показателем безошибочности работы пилота является вероятность его безошибочной работы, которую можно вычислить как на уровне отдельных операций, так и на уровне алгоритма в целом

$$p_j = \frac{N_j - n_{\text{ош}j}}{N_j};$$

$$\lambda_j = \frac{n_{\text{ош}j}}{N_j T_j},$$

где p_j – вероятность безошибочного выполнения операции j -го вида;

λ_j – интенсивность ошибок, допущенных при выполнении операции j -го вида;

$N_j, n_{\text{ош}j}$ – общее число выполненных операций j -го вида и допущенное при этом число ошибок;

T_j – среднее время выполнения операции j -го вида.

Вероятность безотказной работы системы $p_c(t)$ будет равна произведению вероятностей появления каждого события

$$p_c(t) = \prod_{j=1}^N p_j(t).$$

Оценим надежность пилота при возникновении особого случая в полете на примере действий пилота вертолета Ми-8МТВ-5 в случае отказа одного двигателя на режиме висения на высоте 10 м. Рассмотрим признаки и действия летчика согласно руководству по лётной эксплуатации вертолета Ми-8МТВ-5-1.

Признаки отказа одного двигателя:

- разбалансировка вертолета, проявляющаяся как рывок вправо;
- уменьшение температуры газов и оборотов двигателя отказавшего двигателя;
- увеличение оборотов работающего двигателя;
- уменьшение оборотов несущего винта;
- загорание табло ЧР. ЛЕВ. (ПРАВ.) ДВ.

Действия при высоте висения 10 м:

- немедленно уменьшить шаг несущего винта на 2-4° с одновременным парированием возникающего крена и разворота с соответствующим отклонением ручки управления и педалей;

- убедиться, что работающий двигатель вышел на повышенный режим (чрезвычайный) режим;

- с высоты 3 м отклонением рычага шаг-газ вверх с максимально возможным темпом уменьшить вертикальную скорость к моменту приземления, удерживая вертолет от разворота и крена;

- после приземления уменьшить общий шаг до минимального значения, закрыть стоп-кран обоих двигателей [6].

Представим действия пилота в виде алгоритма действий согласно методике, предложенной в литературе [1] (табл. 1).

Получается общее потребное время выполнения алгоритма действий при отказе одного двигателя на высоте 10 м – 17,3 с. Напряженность действий при выполнении участков алгоритма и всего алгоритма в целом мы можем посчитать по следующим формулам:

$$I_j = \frac{\sum_{i=1}^l OE_i}{T_j},$$

$$IA = \frac{\sum_{i=1}^k OE_i}{T_j}.$$

Оперативная напряженность на первом участке будет равна

$$I_1 = \frac{\sum_{i=1}^{10} OE_i}{T_1} = \frac{10}{9,8} = 1,02 \text{ OE/с}.$$

Оперативная напряженность на втором участке будет равна

$$I_2 = \frac{OE_{11}}{T_2} = \frac{1}{1,38} = 0,72 \text{ OE/с}.$$

Оперативная напряженность на третьем участке будет равна

$$I_3 = \frac{\sum_{i=12}^{16} OE_i}{T_3} = \frac{5}{3,24} = 1,54 \text{ OE/с}.$$

Оперативная напряженность на четвертом участке будет равна

$$I_4 = \frac{\sum_{i=17}^{18} OE_i}{T_4} = \frac{2}{1,13} = 1,77 \text{ OE/с}.$$

Оперативная напряженность на пятом участке будет равна

Таблица 1

Алгоритм действий пилота вертолета Ми-8 при отказе одного двигателя на высоте 10 м

Номер участка		Содержание заданного алгоритма	Вид ОЕ	Продолжительность	
участка	ОЕ			ОЕ, с	участка алгоритма, с
1	1	Восприятие разбалансировки вертолета, проявляющейся как рывок вправо	α	0,66	9,8
	2	Поиск и восприятие указателя температуры газов двигателя	α	2,13	
	3	Проверка логического условия «падение температуры газов двигателя»	α	0,4	
	4	Поиск и восприятие указателя оборотов двигателей	α	2,13	
	5	Проверка логического условия «падение оборотов отказавшего двигателя и возрастание оборотов работающего двигателя»	α	0,4	
	6	Поиск и восприятие указателя оборотов несущего винта	α	2,13	
	7	Проверка логического условия «падение оборотов несущего винта»	α	0,4	
	8	Принятие решения на выполнение посадки с одним отказавшим двигателем	α	0,4	
	9	Поиск и восприятие рычага общего шага	α	0,53	
	10	Уменьшение работы двигателя на 2-4°	ε	0,66	
2	11	Парирование возникающего крена и разворота (ручка управления, педали)	ε	1,32	1,32
3	12	Поиск и восприятие указателя оборотов двигателей	α	0,89	3,24
	13	Проверка логического условия «возрастание оборотов работающего двигателя»	α	0,4	
	14	Поиск и восприятие высоты	α	0,89	
	15	Проверка логического условия «высота равна 3 м»	α	0,4	
	16	Рычаг общего шага вверх с максимально возможным темпом	ε	0,66	
4	17	Восприятие приземления	α	0,47	1,13
	18	Общий шаг до минимального значения	ε	0,66	
5	19	Подача команды «закрыть стоп-кран обоих двигателей»	$\varepsilon\alpha$	1,87	1,87
Общее время алгоритма: 17,36 с					

$$J_{19} = \frac{OE_{19}}{T_{19}} = \frac{1}{1,87} = 0,53 \text{ ОЕ/с.}$$

Оперативную напряженность всего алгоритма мы можем вычислить по формуле:

$$J_A = \frac{\sum_{i=1}^K OE_i}{T_A} = \frac{\sum_{i=1}^{19} OE_i}{T_A} = \frac{19}{17,36} = 1,09 \text{ ОЕ/с.}$$

Но при отказе одного двигателя лётчик не располагает восемнадцатью секундами времени, данный отказ развивается внезапно и очень коротко, учитывая столь низкую высоту висения. Касание поверхности земли произойдет примерно через 5, и если первое действие, опускание РШГ вниз, для сохранения оборотов несущего винта не сделать в течение первых двух секунд после отказа, то посадка будет очень жесткой, что может привести к разрушению конструкции вертолета. Учитывая, что располагаемое время первого участка ($T_{\text{расп.1}}$) равно 2 с, располагаемое время всего алгоритма ($T_{\text{расп.А}}$) равно 5, мы можем посчитать оперативную напряженность на первом, наиболее нагруженном и ответственном участке,

и на всем алгоритме в целом:

$$J_1 = \frac{\sum_{i=1}^{10} OE_i}{T_{\text{расп.1}}} = \frac{10}{2} = 5 \text{ ОЕ/с,}$$

$$J_A = \frac{\sum_{i=1}^K OE_i}{T_{\text{расп.А}}} = \frac{\sum_{i=1}^{19} OE_i}{T_{\text{расп.А}}} = \frac{19}{5} = 3,8 \text{ ОЕ/с.}$$

Операционная загруженность пилота в данной ситуации выше порога стресса, равного 2 ОЕ/с. Плюс при всем этом лётчик выполняет пилотирование вертолета. Интенсивность пилотирования вертолета на висении в среднем равна 1,34 ОЕ/с. Общая интенсивность действий пилота вертолета при выполнении посадки с отказавшим двигателем на висении будет равна

$$J_{\text{общ.}} = J_A + J_{\text{пил.}} = 3,8 + 1,34 = 5,14 \text{ ОЕ/с.}$$

Очевидно, что при такой интенсивности действий очень сложно выполнить весь алгоритм действий безошибочно и своевременно.

Для определения надежности выполнения данного алгоритма воспользуемся способом, разра-

ботанным для сложных технических систем [1; 3], учитывая, что при работе с интенсивностью более 5 вероятность ошибки составляет 50% и более. Надежность системы в данном случае будет равна

$$p_c(t) = p_1 p_2 \dots p_i \dots p_N = \prod_{i=1}^N p_i(t) = 0,5^{19} = 0,0000019.$$

Конечно, это недопустимо низкая вероятность безошибочной работы. Но следует учитывать, что человек обладает такими свойствами, как адаптируемость, самоконтролируемость, способность работать в конфликтных ситуациях [1; 3].

Напряженность, вызванная дефицитом времени, может влиять положительно, как организующий фактор, однако лишь до некоторого значения M . Это приводит к экономии времени, когда выполняются только существенные операции, что ведет к уменьшению затраченного времени и повышению вероятности правильного выполнения всего алгоритма [1; 3]. После достижения величины M , напряженность приводит к отрицательным результатам.

Если определить количество необходимых операций, пропуск которых или ошибочное их выполнение будут означать выход системы за допустимые пределы отклонения в i_m контуре регулирования, то вероятность такого события будет равна вероятности выхода воздушного судна за допустимые пределы, т.е. вероятности события противоположного событию, определяющему надежность пилотирования.

Осознавая тревожность ситуации, летчик исключит из алгоритма все действия, выполнение которых не оказывает существенного влияния на безопасное выполнение посадки, и выполнит лишь те действия, без которых выполнение посадки невозможно (табл. 2).

Интенсивность действий при выполнении данного алгоритма будет равна

$$J_A = \frac{\sum_{i=1}^K OE_i}{T_{расп.}} = \frac{6}{5} = 1,2 \text{ OE/с.}$$

Средняя операционная напряженность равна

1,2 OE/с, что существенно ниже пороговой интенсивности, равной 2 OE/с.

Средняя интенсивность пилотирования равна 1,34 OE/с. Общая интенсивность действий пилота в данном случае будет равна

$$J_{общ.} = J_A + J_{пл.} = 1,2 + 1,34 = 2,54 \text{ OE/с}$$

В связи с тем, что интенсивность деятельности и в этом случае незначительно, но превышает пороговое значение, равное 2 OE/с, и время работы летчика при такой интенсивности будет невелико, не более 5 секунд, вероятность безошибочного выполнения алгоритма тоже будет значительно выше.

В связи с тем, что алгоритм действий максимально сокращен до выполнения только абсолютно необходимых действий и пропуск любого действия или его неправильное выполнение приведет к выходу системы «экипаж – воздушное судно» за пределы допустимых отклонений, то вероятность безошибочного выполнения данного алгоритма можно рассматривать как показатель надежности сложной технической системы с основным (последовательным) соединением элементов. Систему в данном случае можно считать невозстанавливаемой в связи с чрезвычайно низким резервом времени, восстановление системы при пропуске любого действия или ошибочном его выполнении будет невозможно.

Воспользуемся значениями показателей надежности человека, предложенными в литературе [3; 7] (табл. 3).

Вероятность безошибочного выполнения заданного алгоритма мы можем вычислить по формуле:

$$p_c(t) = p_1 p_2 \dots p_i \dots p_N = \prod_{i=1}^N p_i(t) = 0,83^6 = 0,32.$$

Еще уменьшить операционную загруженность уже нет возможности. При обнаружении отклонений в работе системы экипаж стремится своими действиями компенсировать влияние отказа на исход полета. В результате принятых действий экипажа система «экипаж – воздушное судно»

Таблица 2
Алгоритм необходимых действий пилота вертолета Ми-8 при отказе одного двигателя на высоте 10 м

Номер		Содержание заданного алгоритма	Вид OE	Продолжительность	
участка	OE			OE, с	участка алгоритма, с
1	1	Восприятие отказа двигателя на слух и как разбалансировки вертолета, проявляющейся как рыбок вправо	α	0,66	1,72
	2	Принятие решения на выполнение посадки с одним отказавшим двигателем	α	0,4	
	3	Уменьшение работы двигателя на 2-4	ε	0,66	
2	4	Поиск и восприятие высоты	α	0,57	1,63
	5	Проверка логического условия высота равна 3 м	α	0,4	
	6	Рычаг общего шага вверх с максимально возможным темпом	ε	0,66	
Общее время алгоритма: 3.35 с					

может выйти за заданные параметры точности, при этом не выходя за пределы допустимых отклонений, при которых безопасная посадка будет невозможна. Как мы видим из предыдущих расчетов, приведенных в литературе [2; 4; 5], в некоторых случаях при дефиците располагаемого времени может возникнуть необходимость понизить заданную точность работы системы «экипаж – воздушное судно» для достижения цели – безопасного выполнения посадки, другими словами, компенсации влияния отказа на исход полета. На практике в реальной ситуации это может произойти непроизвольно, в зависимости от уровня подготовки пилота. Анализируя уравнения интенсивности пилотирования, подробно описанные в литературе [4], можно вычислить, на какую численную величину возможно понизить интенсивность пилотирования:

$y = -0,15 \ln(x) + 0,380$ – продольно боковая интенсивность пилотирования;

$y = -0,20 \ln(x) + 0,379$ – интенсивность пилотирования по каналу направления;

$y = -0,09 \ln(x) + 0,212$ – интенсивность пилотирования по каналу высоты,

где y – интенсивность пилотирования $J_{\text{пил.}}$, x – тот параметр $\sqrt{\delta}/\delta_B$, где δ – точность выдерживания параметра полета, а δ_B – скорость возмущения данного параметра.

Уменьшая точность выдерживаемых параметров полета в пределах допустимых, мы можем добиться снижения интенсивности пилотирования. Выдерживая крен $\delta = \pm 5^\circ$ при угловой скорости возмущенного движения по крену $\delta_B = \pm 3^\circ/\text{с}$, высоту $\delta = \pm 5$ м при вертикальной скорости возмущенного движения $\delta_B = 2$ м/с и направление $\pm 23^\circ$ при скорости возмущенного движения по направлению $\delta_B = 2^\circ/\text{с}$ (такой допуск в выдерживании направления оправдан тем, что вертолет приземляется вертикально и опасность может возникнуть только при предельных допустимых значениях боковой составляющей ветра).

$$J_{\text{пил.пр-бок.}} = -0,15 \ln\left(\frac{\sqrt{\delta}}{\delta_B}\right) + 0,380 = -0,15 \ln(\sqrt{5^\circ} / 3^{\circ/\text{с}}) + 0,380 = 0,4;$$

$$J_{\text{пил.направления}} = -0,20 \ln\left(\frac{\sqrt{\delta}}{\delta_B}\right) + 0,379 = -0,20 \ln(\sqrt{23^\circ} / 2^{\circ/\text{с}}) + 0,379 = 0,2;$$

$$J_{\text{пил. высоты}} = -0,09 \ln\left(\frac{\sqrt{\delta}}{\delta_B}\right) + 0,212 = -0,09 \ln(\sqrt{5^0} / 2^{\text{м/с}}) + 0,212 = 0,2;$$

$$J_{\text{пил.}} = J_{\text{пил.пр-бок.}} + J_{\text{пил.направления}} + J_{\text{пил.высоты}} = 0,8.$$

Интенсивность пилотирования в этом случае получится 0,8 ОЕ/с.

Общая интенсивность действий пилота на данном этапе будет равна

$$J_{\text{общ.}} = J_A + J_{\text{пил.}} = 1,2 + 0,8 = 2,0 \text{ ОЕ/с.}$$

Но уменьшать точность выдерживаемых параметров полета в непосредственной близости земли всё-таки опасно. Есть менее опасный способ снижения интенсивности пилотирования: для этого необходимо повышать профессиональную подготовку лётного состава. Как показали эксперименты, средняя интенсивность пилотирования вертолета на висении летчиками испытателями Казанского вертолетного завода, профессиональная подготовка которых определено выше средних показателей лётного состава, составляет 0,67 ОЕ/с. Общая напряженность при выполнении данного алгоритма в данном случае получится:

$$J_{\text{общ.}} = J_A + J_{\text{пил.}} = 1,2 + 0,67 = 1,87 \text{ ОЕ/с.}$$

Учитывая, что напряженность получилась меньше пороговой, вероятность безошибочного выполнения отдельных операций при такой интенсивности будет равна 0,95.

Соответственно вероятность безотказной работы пилота в системе «экипаж – воздушное судно» при отказе одного двигателя будет равна

$$p_c(t) = \Pi_{i=1}^N p_i(t) = 0,95^6 = 0,74.$$

Таким образом, расчет численных показателей вероятности безошибочной работы пилота при отказе одного двигателя в полете позволяет сделать вывод, что надежность пилота обеспечивает безопасное выполнение посадки вертолета в случае отказа одного двигателя на висении. Надежность пилота в системе «экипаж – воздушное судно» напрямую зависит от уровня подготовки пилота.

Таблица 3

Показатели надежности деятельности человека

Показатели надежности деятельности человека	Интенсивная напряженность				
	1	2	3	4	5
Вероятность правильного действия	0,95	0,83	0,7	0,6	-

Список литературы

1. Коваленко Г.В., Микинелов А.Л., Чепига В.Е. Лётная эксплуатация. – М.: Машиностроение, 2007.
2. Микинелов А.Л., Чепига В.Е., Шахвердов В.Г. Лётная эксплуатация. – М.: Машиностроение, 1986.
3. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника. – М.: Машиностроение, 1983.
4. Калёнов В.Е., Коваленко Г.В., Смулов М.Ю. Экспериментальная проверка метода определения интенсивности пилотирования вертолета на режиме висения // Проблемы лётной эксплуатации и безопасности полетов: Межвуз. тематический сборник научных трудов. – 2011. – Вып. V. – С. 107-116.
5. Суслов Ю.В. Исследование надежности пилотирования на предпосадочной прямой в нормальных условиях полета: Дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1977. – 179 с.
6. Руководство по лётной эксплуатации вертолета Ми-8МТВ-5-1.
7. Гальперин М.И., Зараковский Г.И. Проблемы инженерной психологии и эргономики. – Вып. 2. – М.: ВНИИТЭ, 1974.

УДК 656.13

АВТОМОБИЛИЗАЦИЯ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ В КРУПНЫХ ГОРОДАХ РОССИИ

AUTOMOBILIZATION AND ITS IMPACT ON THE ENVIRONMENT IN MAJOR CITIES IN RUSSIA

Ключевые слова: автомобильный транспорт, экология, выбросы, загрязнение воздуха.

Keywords: auto transport, ecology, emissions, air pollution.

Аннотация

Проведен анализ автомобилизации в крупных городах России. Проведена оценка самых загрязненных городов, а также доли основных источников в общем объеме загрязнения воздуха.

Annotation

An analysis of automobilization in major Russian cities is offered in this article. An estimation of the most polluted cities was conducted as well as shares of main sources in the total volume of air pollution.

Косяков Сергей Алексеевич

Дальневосточный федеральный университет,
студент, тел. 8-924-127-75-93;
kosserg93@mail.ru

Поготовкина Наталья Сергеевна

Дальневосточный федеральный университет,
доцент кафедры транспортных машин и
транспортно-технологических процессов,
nata_369@mail.ru

По данным аналитического агентства «Автостат», Владивосток в настоящее время является одним из самых автомобилизированных городов в России, где на одну тысячу человек приходится

566 автомобилей (рис. 1). Для сравнения, в Красноярске, который находится на 2-м месте, на тысячу жителей приходится 384 автомобиля [1].

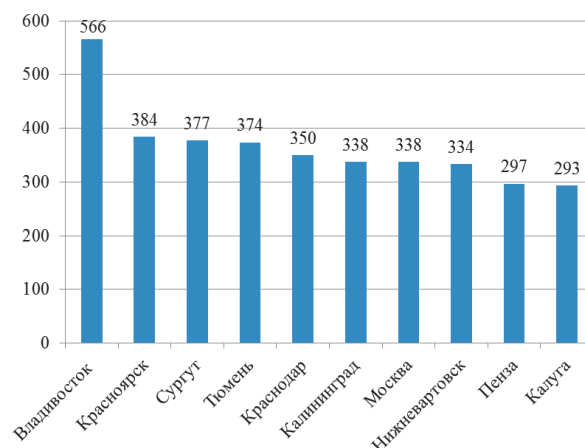


Рис.1. Уровень автомобилизации в городах России (число автомобилей на тысячу жителей)

Рост числа автомобилей на дорогах неизбежно влечет за собой негативные последствия, одним из которых является ухудшение экологической обстановки.

Федеральная служба государственной статистики «Росстат» опубликовала основные показатели охраны окружающей среды по выбросам загрязняющих атмосферу веществ стационарными источниками и автомобильным транспортом за 2012 год. Согласно этим данным был составлен список шестидесяти самых загрязненных городов в России по общему объему выбросов [2]. Надо сказать, что в этот список вошли только восемь из приведенных на рис.1 десяти самых автомобилизированных городов России и заняли они в этом списке следующие места:

- Владивосток – 48 место (годовой объем выбросов 59,9 тыс. т);
- Красноярск – 11 место (233,8 тыс. т);
- Сургут – 25 место (104,9 тыс. т);
- Тюмень – 39 место (78,6 тыс. т);
- Краснодар – 42 место (70,5 тыс. т);
- Калининград – 55 место (53,9 тыс. т);
- Москва – 2 место (995,4 тыс. т);
- Нижневартовск – 58 место (51,2 тыс. т).

Как видно, уровень автомобилизации не является определяющим в оценке экологической обстановки. Например, самый автомобилизированный город России Владивосток находится лишь на 48 месте по общему объему выбросов. А Москва занимает 7 место по уровню автомобилизации, но находится на 2 месте в списке самых неблагоприятных с точки зрения экологии городов. К слову, лидером в этом списке является Норильск, который не входит даже в десятку самых автомобилизированных городов страны. Годовой объем выбросов в атмосферу Норильска составляет 1959,5 тысяч тонн, 99,5% приходится на стационарные источники, а основной «вклад» в за-

рязнение вносит градообразующее предприятие «Норильский никель».

В шести из восьми рассмотренных выше городов основным источником выбросов является автомобильный транспорт. В табл. 2 приведены доли основных источников в общем объеме загрязнения воздуха.

Таблица 2
Доли и основные источники выбросов загрязняющих веществ

Город	Основные источники выбросов	Доли основных источников
Владивосток	Автомобильный транспорт	59,8%
Красноярск	Стационарные источники	62,6%
Сургут	Стационарные источники	65,1%
Тюмень	Автомобильный транспорт	70,1%
Краснодар	Автомобильный транспорт	84,8%
Калининград	Автомобильный транспорт	78,3%
Москва	Автомобильный транспорт	85,9%
Нижевартовск	Автомобильный транспорт	60,5%

Как видно из табл. 1, во Владивостоке годовой объем выбросов составил 59,9 тыс. тонн в год. Основным источником загрязнения воздуха является автомобильный транспорт, на долю которого приходится 59,8% от общего числа выбросов. А в Москве объем выбросов загрязняющих веществ составляет 995,4 тыс. тонн, что почти в 16,5 раз больше, чем во Владивостоке. При этом 92,8% всех выбросов приходится на автомобильный транспорт.

Таким образом, уровень автомобилизации существенно влияет на экологическую обстановку крупных городов, однако не всегда является определяющим.

Список литературы

1. Автостат. URL: <http://www.autostat.ru/news/view/9528/>
2. Самые экологически грязные города России на 2013 год. Топ-60. URL: <http://topmira.com/goroda-strany/item/47-samye-grjaznye-goroda-russia-2013>.

УДК 539.3

ПРИМЕНЕНИЕ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ КОЛЕБАНИЙ БАЛКИ ЖЕСТКОСТИ В МОСТАХ С БОЛЬШИМИ ПРОЛЕТАМИ APPLICATION GYROSCOPIC A DEVICE FOR STABILIZING VIBRATIONS OF THE BEAM STIFFNESS IN BRIDGES WITH LARGE SPANS

Ключевые слова: гироскоп, стабилизация, колебания, балка жесткости, жесткость.

Keywords: gyroscope, stabilization, oscillations, beam stiffness, rigidity.

Аннотация

В данной работе предлагается вариант применения гироскопического устройства в качестве стабилизатора колебаний балки жесткости тросовых и большепролетных мостов. Инновационное решение данного устройства основано на том, что установленный гироскоп при наклоне балки жесткости удерживает ее в том положении, которое было в момент его включения. Из этого положения балка, совершающая колебательные движения, устремляется в обратную сторону, возвращаясь в своё первоначальное положение, после чего устройство отключается.

Annotation

Proposed in this paper version of the application of the gyroscopic device as a stabilizer beam vibrations stiffness and rope-span bridges. Innovative solution of the device based on the fact that the installed gyro tilt beam stiffness keeps it in that position, which was at the time of its inclusion. From this position, beam oscillates, rushes in the opposite direction, returning to its original position, after which the device is disconnected.

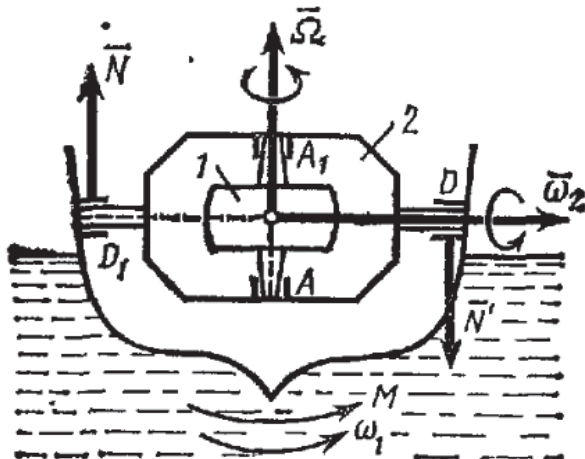
Мамбур Евгений Игоревич

Саратовский государственный технический
университет имени Ю.А. Гагарина,
студент,
evgeny.mambur@yandex.ru

Будынков Владимир Иванович

Саратовский государственный технический
университет имени Ю.А. Гагарина,
канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспортное
строительство»

В книге, выпущенной в 1986 году С.М. Таргом «Краткий курс теоретической механики», существует пример использования двухстепенного гироскопа в качестве стабилизатора качки морских судов. Он представляет собой ротор, вращающийся с угловой скоростью (рис. 1). Ось его закреплена в раме, которая имеет свою ось вращения, соединенную с корпусом судна.



Для повышения эффективности стабилизатора используют двигатель, снабженный специальным регулятором, увеличивающим угловую скорость, а с нею и стабилизирующий момент, который возвращает раму в исходное положение, когда крен прекращается. Успокоитель качки показывает пример силовой гироскопической стабилизации (стабилизатор прямого действия), где массивный гироскоп реагирует на отклонение объекта от заданного положения, осуществляя стабилизацию судна.

Известно, что наиболее опасными для балки жесткости являются совместные крутильные и линейные колебания. Гироскоп способен погасить крутильные колебания. Следовательно, установив гироскоп на балку жесткости, линейные колеба-

Данное свойство гироскопа препятствует не только закручиванию балки жесткости, но и ее линейным смещениям, которые в связи с конструктивными особенностями невозможны без закручивания сечения.

Для гироскопа задается опасный угол закручивания балки жесткости. При закручивании на этот угол автоматически срабатывает конечный выключатель, установленный поперечно и включающий в работу гироскоп, который стабилизирует колебательные процессы балки жесткости (рис. 2).

Рассчитаем максимальный закручивающий момент, который может возникнуть от срывов вихревых потоков в балке жесткости. Основные постулаты и формулы аэродинамики как самолетов, так и мостов получены экспериментальным путем при испытаниях в аэродинамических трубах [1].

Для подбора или конструирования соответствующего гироскопического устройства необходимо знать величины возможных усилий, закручивающих поперечное сечение балки жесткости. Закручивающим фактором будет подъемная сила (1), которая может быть определена из теории пластины в воздушном потоке [1], равная:

$$L = 0.5 \cdot V^2 \cdot \rho \cdot S \cdot C_L, \quad (1)$$

ρ – объемный вес воздуха (м/с),

S – площадь наибольшего поперечного сечения (м^2),

C_t – крутильная жесткость балки жесткости.

Экспериментальным путем получена следующая формула:

$$C_{I_L} = a \cdot \alpha \quad , \quad (2)$$

где a – коэффициент пропорциональности (наклон кривой подъемной силы). Для задач, связанных с динамикой висячих мостов, рекомендуется его принимать равным 4;

α – угол закручивания поперечного сечения
 лки жесткости.

Аэродинамический центр подъемной силы на-

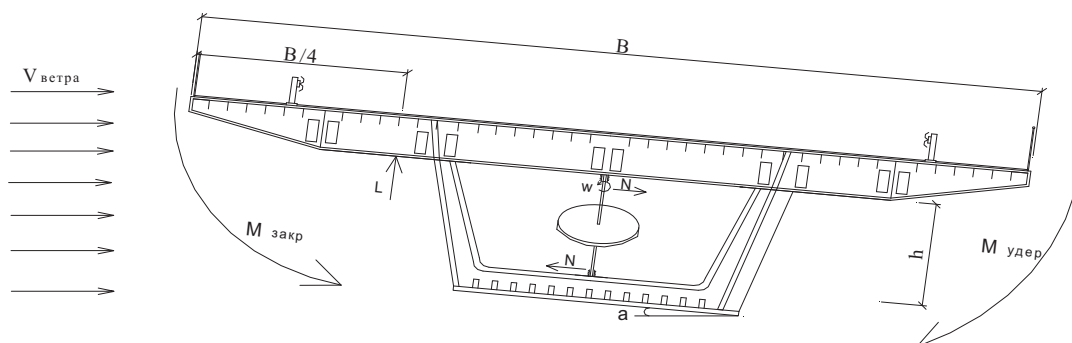


Рис 2. Гирокоспический стабилизатор, включенный в работу с балкой жесткости

ходится в четверти ширины препятствия со стороны ветрового потока (определен из теории пластины в воздушном потоке) [1].

Следовательно, опрокидывающий момент определяется из выражения:

$$M^{\text{опр}} = L \cdot B / 4, \quad (3)$$

где L – подъемная сила от воздействия ветра (кН), B – ширина проезжей части (м).

От давления силы ветра на балку жесткости возникнет закручивающий момент. Тогда из-за действия силы ветра и вызванных им совместных крутильных и линейных колебаний балка повернется на опасный угол. При закручивании на критический угол (α) включается в работу гироскоп. При работе гироскопа в его подшипниках возникнут реакции N . Действие этих сил образует удерживающий момент, который равен закручивающему моменту, но противоположен по направлению (рис. 3).

Так как вся система находится в положении равновесия, то:

$$M^{\text{удер}} = M^{\text{зак}} \quad (4)$$

Момент, удерживающий балку жесткости от закручивания девиации, будет прямо пропорционален ее жесткости C и углу закручивания α .

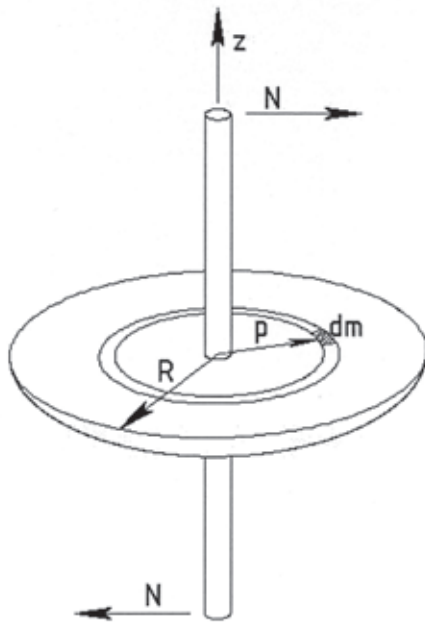


Рис 3. Гироскопический стабилизатор

$$M^{\text{удер}} = C \cdot \alpha, \quad (5)$$

где C – жесткость.

Приравняв моменты и учитывая, что:

$$\alpha = \frac{C_L}{a},$$

$$0.5 \cdot V^2 \cdot \rho \cdot S \cdot C_L \cdot \frac{B}{4} = C \cdot \alpha, \quad (6)$$

определяем жесткость C :

$$C = V^2 \cdot \rho \cdot S \cdot \frac{B}{2}. \quad (7)$$

Если нам известна жесткость, то из формулы (7) можем получить скорость дивергенции воздушного потока:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot C}{\rho \cdot S \cdot B}}. \quad (8)$$

Найдем осевой момент инерции, вызванный включением гироскопического устройства в работу:

$$\begin{aligned} I_z = I_\rho &= \int_0^{0.5 \cdot D} \rho^2 \cdot dm = \\ &= \int_0^{0.5 \cdot D} \rho^2 \cdot 2\pi r \phi \cdot d\rho = \\ 2\pi \phi \cdot \int_0^{0.5 \cdot D} \rho^3 \cdot d\rho &= \frac{\pi \cdot D^4 \cdot \phi}{32}, \end{aligned} \quad (9)$$

где I_z – момент инерции оси z ;
 I_ρ – полярный момент инерции;
 D – диаметр гироскопа;
 ϕ – объемный вес.

Тогда кинетический момент гироскопа равен:

$$K_o = I_z \cdot \Omega, \quad (10)$$

где K_o – кинетический момент гироскопа;
 I_z – момент инерции оси z ;

Ω – угловая скорость вращения гироскопа.

От действия этих сил N образуется удерживающий момент:

$$M^{\text{удер}} = N \cdot L = K_o \cdot \omega, \quad (11)$$

где N – реакции в подшипниках гироскопа;
 h – расстояние между подшипниками гироскопа;
 I_z – момент инерции оси z ;

Ω – угловая скорость вращения гироскопа;

ω – угловая скорость, вызванная ветром.

Из (9) определяем опорные реакции в подшипниках гироскопа [3]:

$$N = \frac{I_z \cdot \Omega \cdot \omega}{h}. \quad (12)$$

Эти силы необходимы для того, чтобы подобрать соответствующий гироскоп, а кроме того, рассчитать опорные устройства для гироскопа.

При подборе гироскопа необходимо учитывать, что удерживающий момент $M_{удер}$ (11) должен быть больше момента закручивающего $M_{зак}$.

Для стабилизации крутильных колебаний используют двухступенной гироскоп, степень свободы которого равна двум: вращение вокруг собственной оси, создающее кинетический момент, и возможность самой оси вращаться в одной из ее плоскостей. В данном случае в плоскости сечения балки жесткости нормальной к ее оси.

Ось корпуса гироскопа закрепляется в середине пролетного строения в центре поперечного сечения строго вертикально. Поворот балки жесткости от ветра наклоняет ось гироскопа, при этом происходит его автоматическое включение – гироскоп начинает вращаться вокруг своей оси, причем скорость вращения Ω растёт по мере роста угла наклона ω . В опорах возникают силы N , препятствующие закручиванию сечения балки.

Инновационное решение данного устройства основано на том, что установленный в балку жесткости гироскоп дополняется 2-мя конечными включателями, которые срабатывают при определенном наклоне оси гироскопа β , при поперечном или продольном наклоне балки жесткости. Включенный гироскоп удерживает балку жесткости в том положении, которое было в момент его включения. Из этого положения балка, совершающая колебательные движения, устремляется в обратную сторону, возвращаясь в своё первоначальное положение, после чего устройство отключается. Когда балка жесткости вновь оказывается на опасном угле (β), гироскоп вновь приводится в действие. Из чего можно заключить, что гироскопический гаситель колебаний не позволяет балке жесткости закручиваться поперечно, а также изгибаться в продольном направлении. Гироскопический момент возвратит балку жесткости в допустимые ее пределы безопасного отклонения.

Список литературы

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1986. – 416 с.
2. Киселев В.А. Строительная механика. Общий курс. М.: Госстройиздат, 1976. – 511 с.
3. СНиП 2.05.03. – 84. Мосты и трубы. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 199 с.
4. СНиП III-18-75. Металлические конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1975. – 150 с.

УДК 621.735.2

ОСОБЕННОСТИ ХОЛОДНОЙ ПРАВКИ КАРДАННЫХ ВАЛОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССАХ

FEATURES OF COLD EDITING CARDAN OF SHAFT OF VEHICLES ON HYDRAULIC PRESSES

Ключевые слова: карданные валы; холодная правка изгибом на гидравлических прессах; кусочно-линейная аппроксимация нелинейных зависимостей.

Keywords: cardan shaft; cold editing by a bend on hydraulic press; piecewise-linear approximation of nonlinear dependences.

Аннотация

Показана технико-экономическая целесообразность холодной правки карданных валов автотранспортных средств в условиях ремонтно-технических предприятий транспортного комплекса с применением метода кусочно-линейной аппроксимации нелинейных зависимостей между прогибами и усилиями, прилагаемыми для их устранения.

Annotation

The technical and economic expediency of cold editing cardan shaft of vehicles in conditions repair - the enterprises of a transport complex with application of a method of piecewise-linear approximation of nonlinear dependences between deflections and efforts applied for their elimination is shown.

Манило Иван Иванович

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, заведующий кафедрой, д-р техн. наук, засл. изобретатель РФ, засл. рационализатор РСФСР, kaf_ppb@mail.ru

Тютрин Сергей Геннадьевич

Курганский государственный университет, заведующий кафедрой, канд. техн. наук, докторант

Клочков Александр Сергеевич,

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, аспирант

Городских Андрей Андреевич,

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, аспирант

Андрюкова Наталья Александровна,

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, аспирант

В условиях ремонтно-технических предприятий транспортного комплекса холодная правка карданных валов авторанспортных средств осуществляется, преимущественно, на гидравлических прессах по схеме свободного изгиба на двух опорах. При этом основными задачами для автоматического управления процессом правки являются рациональные выборы расстояния между опорами, координат точек приложения усилия изгиба и величины, собственно, усилия изгиба.

В проведении точных аналитических исследований по установлению сложных зависимостей изменения сопротивления валов деформированию от степени деформации нет необходимости, т.к. у одних и тех же сплавов, но разных плавок или партий наблюдается значительный разброс прочностных и пластических характеристик, превышающий 20% и более [1; 2].

Наряду с этим, методика экспериментального определения деформируемости металлов была [3; 4] и до настоящего времени остается дискуссионным вопросом. Разноречивость взглядов проявляется не только в выборе показателей пластичности и сопротивления деформированию, но и в выборе условий, схем и состава комплекса испытаний.

При проведении исследований по выявлению зависимостей величины прикладываемого усилия изгиба от первоначального прогиба валов в контролируемых точках с целью снижения трудоемкости расчетов делалось допущение: карданный вал при изгибе представляет собой обычную статически определимую балку и полностью по всей длине состоит из карданной трубы.

Усилие правки определяли, предварительно рассчитывая оптимальную, необходимую для правки деформацию трубы и соответствующий изгибающий момент с помощью установленных графиков зависимостей параметров при правке изделий с профилем круглого сечения и формулы [3]

$$P_{max} = \frac{4mMy}{t}, \quad (1)$$

где P_{max} – максимальное усилие правки; m – относительный изгибающий момент; My – максимальный упругий изгибающий момент; t – расстояние между опорами.

Осуществление расчетов по формуле (1) и графикам для поля рассеяния исходных прогибов валов (в соответствии с рекомендациями работы [1]) не является трудоемким. Поэтому для определения зависимости усилия правки от исходных прогибов валов (настроечной зависимости) применили метод перебора вариантов с шагом квантования, равным, в частности, 0,1 мм.

Экспериментальные исследования проводились согласно апробированным методикам [5]. При этом измерялись и фиксировались следующие параметры: величина исходного прогиба; усилие правки; остаточная кривизна; температура

сварного шва; время выдержки вала под нагрузением усилием поперечного изгиба; затраты времени на операциях правки и операциях динамической балансировки карданных валов.

Величина необходимого усилия правки предварительно сориентированных валов экстремальной точкой прогиба непосредственно под нажимную призму машины (боек пресса) назначалась равной расчетному значению. После снятия нагрузки вал оказывался исправленным и имел отклонения от прямолинейности оси в пределах допуска, оговоренного ТУ, или же требовалась повторная правка.

Исходные значения отклонений от прямолинейности оси карданных валов, величины приложенных нагрузок, значения остаточных отклонений от прямолинейности оси после правки через один час и через 20 часов заносились в таблицу. Выдержка под нагрузкой валов находилась в интервале 1,5...2,0 сек. При этом для нанесения точек построения зависимости $P=f(e)$ использовались только те значения усилий, которые обеспечивали исправление валов однократным нагружением.

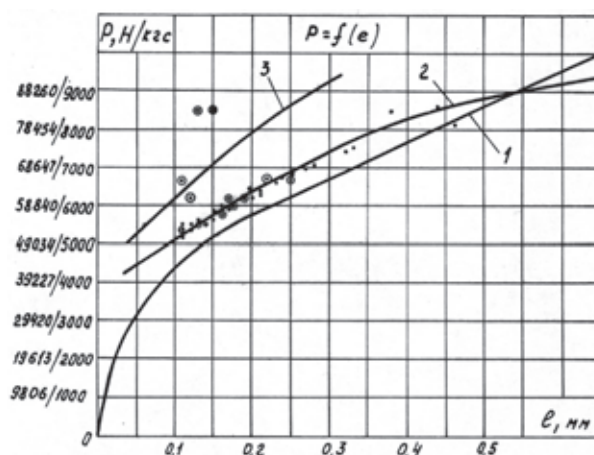


Рис. 1. Зависимость усилия правки от исходного прогиба карданных валов мод. ГАЗ 51-2202015-Б (длина трубы 470 мм)

- 1 – настроечная зависимость;
- 2 – при однократном нагружении валов;
- 3 – при двухкратном нагружении валов

Обработка экспериментальных данных проводилась в соответствии с методами статанализа. По экспериментальным данным для трех типов исследуемых карданных валов были построены зависимости величин усилий, необходимых для исправления отклонений от прямолинейности оси в зоне контролируемого сечения (рис. 1, 2). Зависимости $P=f(e)$ были использованы в качестве программируемого параметра системы автоматического управления процессом правки карданных валов.

Анализ результатов исследований показал, что остаточные отклонения от прямолинейности оси карданных валов распределены в интервалах, соответствующих допускам, неравномерно. При этом увеличение выдерживания деталей под нагрузкой с 0,5 до 2,0 с снижает величину остаточ-

ных отклонений от прямолинейности оси [6].

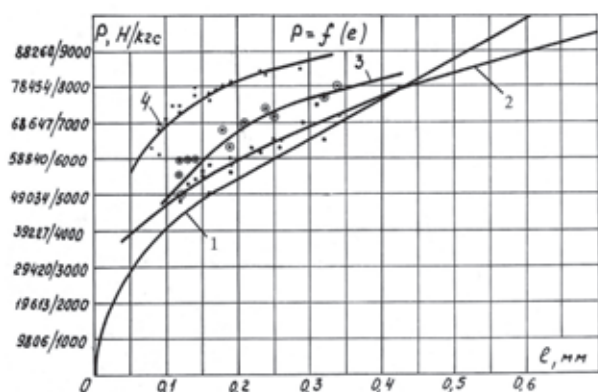


Рис. 2. Зависимости усилия правки от исходного прогиба карданных валов мод. ГАЗ 51-2202015-Б (длина трубы 1095 мм) и мод. МАЗ 537-2206015:

1 – настроечная зависимость для правки валов ГАЗ 51-2202015-Б;

2 – при однократном нагружении валов ГАЗ 51-2202015-Б;

3 – при двухкратном нагружении валов ГАЗ 51-2202015-Б;

4 – при однократном нагружении валов МАЗ 537-2206015

Выявленная зависимость $P=f(2e)$ (в связи с отклонениями диаметров валов, превышающими допуски на остаточную кривизну, измерялись биения валов), которая положена в основу алгоритма управления процессом правки и обеспечения выбора аналого-цифровых узлов САУ агрегатом правки. Для воспроизведения нелинейных зависимостей (рис. 1, 2) применена кусочно-линейная аппроксимация F (рис. 3) с переменным шагом квантования [7; 8; 9], реализованная в виде устройства на двух аналого-цифровых преобразователях (АЦП) с переменными шагами квантования входных сигналов напряжений, пропорциональных $2e$ и P , связанных между собой через схему логического совпадения (рис. 4).

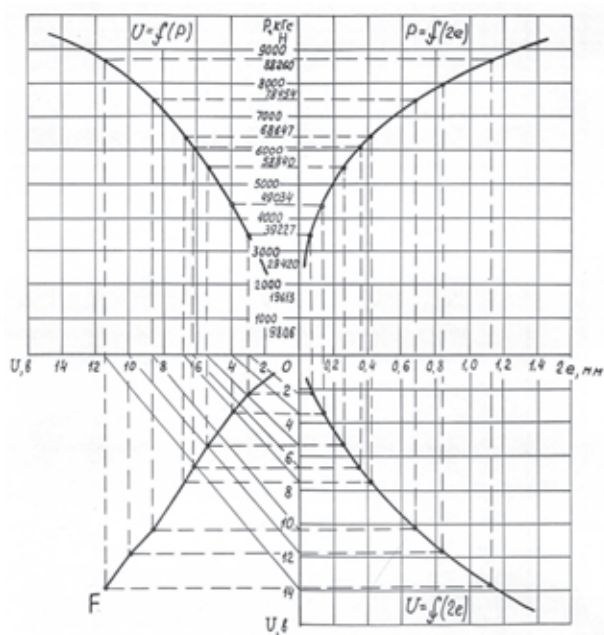
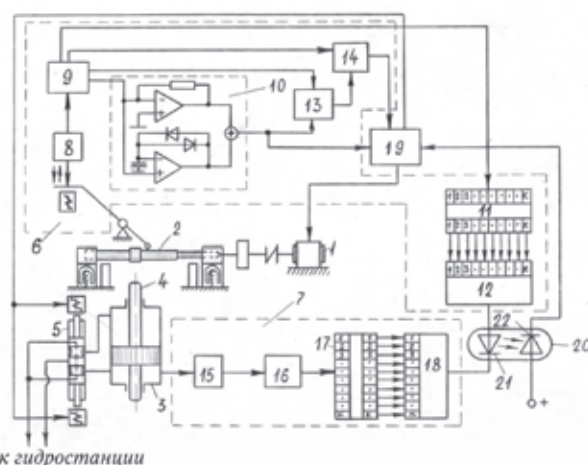


Рис.3. Воспроизведение нелинейной зависимости $P=f(2e)$ методом кусочно-линейной аппроксимации

САУ агрегатом правки (рис. 4) функционально и конструктивно разделена на две подсистемы: подсистему вывода изделия экстремальной точкой прогиба в требуемое положение и подсистему нагружения изделия в процессе правки.



к гидростанции

Рис. 4. Система автоматического управления процессом правки длинномерных автотракторных деталей:

1 – привод вращения; 2 – деталь; 3 – силовой гидроцилиндр; 4 – боек пресса; 5 – гидрозолотник; 6 – блок измерения прогиба детали; 7 – блок измерения усилия правки; 8 – датчик линейного перемещения; 9 – преобразователь сигнала; 10 – экстрематор с адаптацией к производной сигнала датчика 8; 11, 17 – многопороговые логические элементы (аналого-цифровые преобразователи); 12, 18 – цифро-аналоговые преобразователи; 13 – блок памяти; 14 – блок сравнения; 15 – датчик давления; 16 – преобразователь сигнала; 19 – электронно-релейный блок автоматики; 20 – опто-электронный прибор (21 – светодиод, 22 – фотодиод)

Ориентация карданных валов в необходимое для правки положение может быть обеспечена устройствами, выполненными на базе электронно-фазового коммутатора [5] или экстрематора с адаптацией к производной сигнала датчика кривизны [9].

В каналах циклового программного управления системы использована унифицированная структура магистрального типа. Применение в магистралях входных и выходных нормализаторов управляющих сигналов и элементов согласования позволяет подключать разработанную локальную САУ к комплексной АСУ ТП без каких-либо буферных устройств.

Реализация локальной САУ агрегатом правки на базе гидропрессов позволила повысить точность и производительность процесса, а также значительно улучшить условия труда.

Современные способы сварки сталей, применяемых для изготовления длинномерных деталей типа тел вращения в автотракторостроении, обеспечивают равнопрочность сварного соединения основному металлу при пластичности, практически не уступающей исходным показателям металлов. В этой связи принципиально возможно управление процессом правки карданных валов по закону [10]:

$$e_{\text{обр. пер.}} = e_{\text{исх. пр.}} + e_{\text{у.о.}}, \quad (1.2)$$

где $e_{\text{обр. пер.}}$ – величина изгиба вала в обратную первоначальную кривизну стороны;

$e_{\text{исх. пр.}}$ – исходный прогиб вала;

$e_{\text{у.о.}}$ – величина упругой отдачи (пружинение) вала.

Точностные показатели качества правки в значительной степени определяются точностью измерения пути перемещения детали в контролируемом сечении или бойка пресса. Обеспечить такие измерения в диапазоне 0,05–2,0 мм в условиях ремонтно-технического предприятия, тем более в ремонтных мастерских, крайне затруднительно, причем даже с применением специальных штемпелей для правки сварных цилиндрических заготовок [8]. При реализации данного метода компенсации упругой отдачи перемещение штока пресса с бойком целесообразно контролировать косвенным методом – достижением давления жидкости в полости силового цилиндра правки величины, достаточной согласно зависимости $P=f(2e)$, для устранения первоначального (исходного) прогиба детали. При правке ряда деталей ответственного назначения удалось за счет шага квантования давления через 50 кгс добиться шага квантования линейного перемещения бойка, равного 0,005 мм ± 15%.

Научно-технические решения, положенные в основу разработки технических средств для автоматизации технологических процессов правки карданных валов, защищены 19 авторскими свидетельствами на изобретения.

Список литературы

- 1 Мошин Е.Н. Гибка, обтяжка и правка на прессах. – М.: Машгиз, 1959. – 360 с.
- 2 Семенов Ю.Л. Машины для правки проката. – М.: Металлургиздат, 1961. – 131 с.
- 3 Слоним А.З., Сонин А.Л. Машины для правки листового и сортового материала. – М.: Машиностроение, 1975. – 208 с.
- 4 Чиченев Н.А., Кудрин А.Б., Полухин П.И. Методы исследования процессов обработки металлов давлением (экспериментальная механика). – М.: Металлургия, 1977. – 312 с.
- 5 Манило И.И. Обеспечение требуемой точности и повышения производительности при исправлении отклонений от прямолинейности оси термически упрочненных деталей типа «ступенчатый вал»: Дис. ... канд. техн. наук. – Курган: КМИ, 1989. – 224 с.
- 6 Манило И.И., Волковой М.С. Влияние времени нагружения валов усилием изгиба на точностные показатели качества правки // Экологизация технологий: проблемы и решения: Материалы междунар. научн.-практ. конф. / Под общ. ред. П. Вильмса (Германия), И. Манило (Россия), С. Робинсона (Швейцария). – М.: Курган: Курганский научный центр МАНЭБ, 2004. – С. 42–45.
- 7 Манило И.И. Правка карданных валов автотракторной техники (особенности автоматизации) // Вестник ОГУ. – 2003. – №1. – С. 119–121.
- 8 Манило И.И. Выбор параметров для автоматического управления нагружением карданных торсионных валов усилием поперечного изгиба при их правке // Экологизация технологий: проблемы и решения. Научные сообщения Курганского центра МАНЭБ / Под ред. И.И. Манило и В.П. Кветкова. – Курган: НЦСП «Экономика и реформы», 1999. – С. 142–147.
- 9 Манило И.И. Оптимизация технологического цикла при

правке длинномерных автотракторных деталей типа «ступенчатый вал»: постановка задачи и подход. – Курган: НЦСП «Экономика и реформы», 1999. – С. 148–156.

10 Манило И.И., Клочков А.С., Городских А.А., Андрюкова Н.А. Кусочно-линейная аппроксимация как основа алгоритма управления процессом изгиба при холодной правке карданных валов на прессах // Вестник Курганской ГСХА. – 2013. – №4(8). – С. 85–88.

УДК 539.319: 620

МОНИТОРИНГ ТРЕЩИН КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И НАВЕСНЫХ ОРУДИЙ К НИМ

MONITORING CRACKS BODY PARTS TRANSPORT MEANS AND ATTACHMENTS THERETO

Ключевые слова: корпусные детали; усталостные разрушения; трещины; контроль целостности усталостных датчиков.

Keywords: body parts; fatigue failure; cracks; integrity monitoring fatigue sensors.

Аннотация

Показана возможность автоматизированного контроля появления и развития усталостных трещин корпусных деталей транспортных средств и навесных орудий к ним.

Annotation

The possibility of the automated control of the emergence and development of fatigue cracks of body parts of vehicles and mounted implements them.

Манило Иван Иванович

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, заведующий кафедрой, д-р техн. наук, засл. изобретатель РФ, засл. рационализатор РСФСР, kaf_ppb@mail.ru

Тютрин Сергей Геннадьевич

Курганский государственный университет, заведующий кафедрой, канд. техн. наук, докторант

Клочков Александр Сергеевич,

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, аспирант

Городских Андрей Андреевич,

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, аспирант

Андрюкова Наталья Александровна,

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, аспирант

Известен способ ремонта корпусных деталей транспортных средств и навесных орудий к ним, у которых в процессе эксплуатации и/или транс-

портировки появились трещины [1]. Для реализации способа применяется стяжной элемент П-образной формы, посредством которого края трещины смыкаются между собой и с обеих сторон провариваются электросваркой.

В целях осуществления мониторинга эксплуатационных напряжений в местах проваренных трещин и создания соответствующих эргономических условий для операторов предлагается применить усталостные датчики из фольги [2;3;4;5], которые наклеиваются (после подготовки поверхности) на контролируемую поверхность детали и подключаются к устройству для контроля их состояния [6;7;8;9].

На рис. 1 показано размещение усталостных датчиков для контроля распространения трещины на корпусной детали. Датчики снабжены параллельно расположенными электропроводящими полосками, которые обрываются, если под ними появляется трещина.

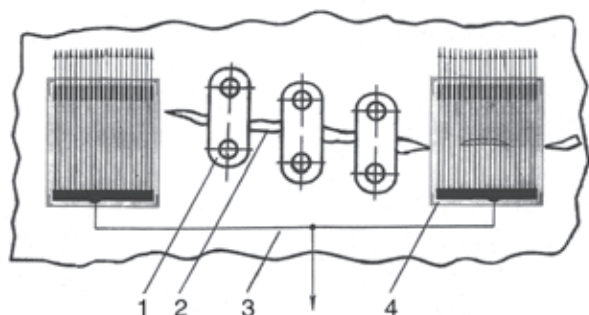


Рис. 1. Схема контроля развития трещины корпусной детали:
1 – перемычка; 2 – трещина; 3 – деталь; 4 – усталостный датчик

Детекторы трещин могут быть изготовлены в условиях ремонтно-технических предприятий транспортного комплекса из любой токопроводящей фольги [2;3].

Опробованы варианты изготовления детекторов трещин из оксидированной алюминиевой фольги, применяемой при изготовлении электро-

литических конденсаторов. Оксидированный слой алюминия не проводит электрический ток, поэтому такой датчик не требует дополнительной электроизоляционной подложки (однако подложка закрывает трещину от внешнего осмотра, что снижает надежность визуального контроля). При напайке выводов применяется универсальный флюс, а оксидированный слой в этом месте удаляется шлифовальной бумагой. Для удобства наклеивания датчика его токопроводящие полоски удерживаются выводами или с помощью бумажной подложки, приклеенной на нерабочем участке датчика. Если на контролируемой детали имеется лакокрасочное покрытие, не проводящее электрический ток, то детектор трещин может не иметь изоляционной подложки и может быть выполнен из удобной для пайки медной фольги.

Возможно применение как простейших электрических схем применения детекторов трещин, так и более сложных схем мониторинга, работающих в автоматическом режиме (через заданный интервал времени), в которых обрыв в контролируемой цепи сопровождается звуковым и световым сигналами.

На кафедре «Пожарная и производственная безопасность» Курганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т.С. Мальцева под руководством д-ра техн. наук И.И. Манило проведены работы по разработке устройств автоматизированного контроля за появлением трещин на корпусных деталях машин путем отслеживания разрыва полосок фольги с выявлением приоритета места появления трещины. Для этого использовались разработанные и широко применяемые в различных отраслях устройства для сигнализации, которые были доработаны для целей автоматизированного контроля разрыва полосок фольги и подачи соответствующих сигналов на рабочее место оператора (в кабину и т.д.) [6;7;8;9].

Принципиальная электрическая схема устройства приведена на рис. 2.

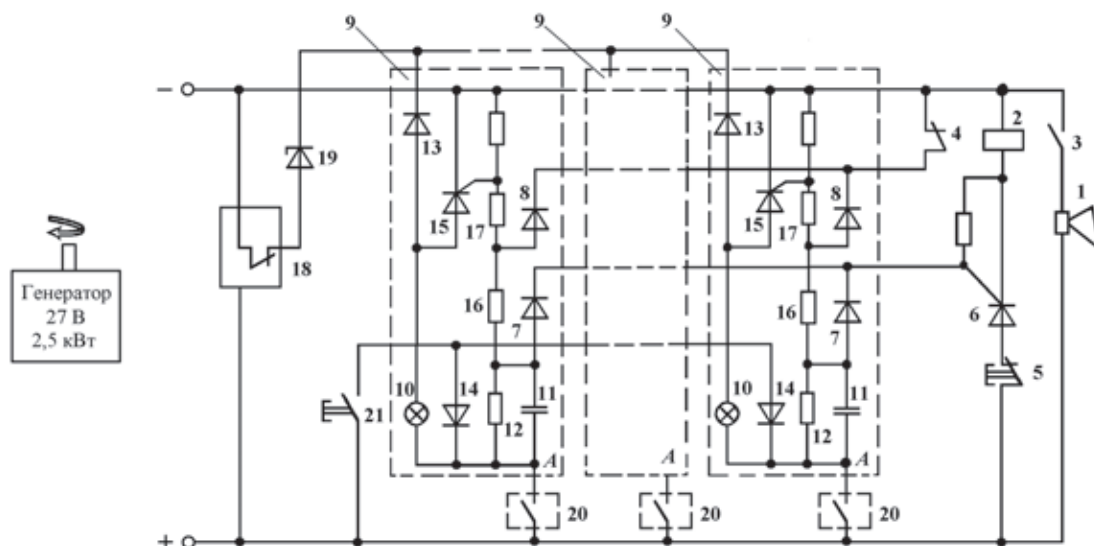


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема устройства контроля целостности полосок усталостного датчика

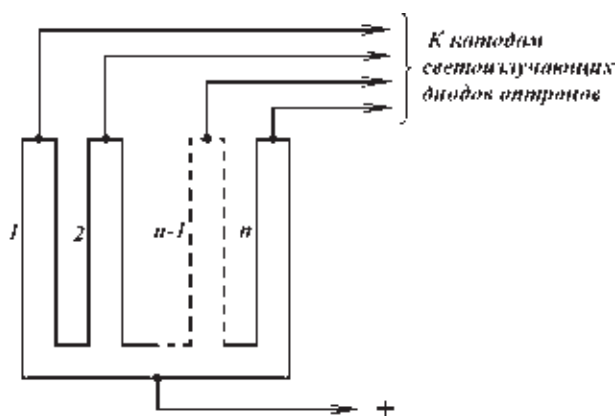


Рис. 3. Схема включения полосок (1...n) усталостного датчика в автоматическое устройство контроля их целостности

В исходном состоянии все контролируемые полоски (1...n на рис. 3) фольги усталостного датчика (наклеенного на исследуемую часть детали) целые. Так как полоски включены параллельно (рис. 4) светоизлучающим диодам 3 оптронов 2, т.е. замыкают их, то светодиоды 3 не освещают фотодиоды 4 оптронов 2. Соответственно (рис. 2), тиристоры 15 закрыты, сигнальные лампы 10 погашены, звуковой сигнализатор 1 отключен.

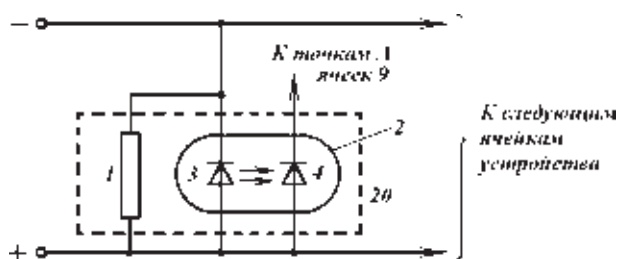


Рис. 4. Схема контроля состояния (целостности или разрыва) полосок первой ячейки устройства: 1 – контролируемая полоска; 2 – оптрон; 3 – светоизлучающий диод оптрона; 4 – фотодиод оптрона

При появлении трещины на контролируемом месте детали, например первой полоски (позиция 1 на рис. 3), короткое замыкание светоизлучающего диода 2 оптрона 3 первой ячейки прекращается, и он освещает фотодиод 4. Это вызывает протекание электрических токов по трем основным цепям. Первая цепь: положительный полюс питающего напряжения – контактный датчик 20 – сигнальная лампа 10 – диод 13 – стабилитрон 19 – прерыватель питания 18 – отрицательный полюс питающего напряжения; вторая: положительный полюс питающего напряжения – контактный датчик 20 – конденсатор 11 (резистор 12) – диод 7 – управляющий электрод тиристора 6 – обмотка реле 2 – отрицательный полюс питающего напряжения; третья: положительный полюс питающего напряжения – контактный датчик 20 – конденсатор 11 (резистор 12) – резистор 16 – диод 8 – размыкающийся контакт 4 – отрицательный полюс питающего напряжения, причем по двум основным цепям (второй и третьей), протекает зарядный ток конденса-

тора 11. Сигнальная лампа 10 включившейся ячейки начинает светиться мигающим светом.

Зарядный ток конденсатора 11 распределяется таким образом, что по цепи управляющего электрода общего тиристора 6 протекает только та его часть, которая необходима для открывания последнего. Подавляющая часть зарядного тока проходит через диод 8 и контакт 4, и лишь незначительная его часть ответвляется в цепь управляющего электрода тиристора 15, недостаточная для его открывания. Включившийся общий тиристор 6 вызывает срабатывание реле 2 и замыкание контакта 3. Включается звуковой сигнализатор 1 и одновременно с этим размыкается контакт 4, разрывая цепь, шунтирующую индивидуальный тиристор 15. Однако этот тиристор ячейки не открывается, так как зарядный ток конденсатора 11 уже снижается до величины, недостаточной для открывания тиристора.

Учитывая это обстоятельство, емкость конденсаторов каждой RC-цепочки индивидуальной сигнальной ячейки выбирается такой величины, чтобы в момент размыкания контакта 4 зарядный ток конденсатора стал меньше тока отпирания тиристора 15.

При включении последующих контактных датчиков 20, импульс тока, протекающий через резистор 17 и управляющий электрод тиристора 15, отпирает тиристор, поскольку шунтирующая его цепь разорвана контактом 4.

Надежность открывания тиристора 15 обеспечивается и в те моменты времени, когда контакт прерывателя 18 замкнут, так как на аноде тиристора присутствует напряжение, равное сумме двух напряжений: падению напряжения на диоде 13 и напряжению стабилизации стабилитрона 19. Ток стабилизации протекает по цепи: положительный полюс питающего напряжения – контактный датчик 20 – сигнальная лампа 10 – диод 13 – стабилитрон 19 – прерыватель 18 – отрицательный полюс питающего напряжения.

Сигнальная лампа 10 загорается ровным светом, так как открытый тиристор 15 шунтирует питание лампы от отрицательного полюса питающего напряжения через прерыватель 18. Надежность шунтирования повышается еще и тем, что на катоде тиристора напряжение по абсолютной величине больше напряжения на катоде диода 13 на величину напряжения на стабилитроне 19.

Таким образом, питание сигнальной лампы от первого появившегося сигнала осуществляется при закрытом тиристоре 15 через диод 13 и прерыватель 18 питания, а питание сигнальных ламп 10 от всех последующих сигналов – при открытом тиристоре 15. Лампа первого сигнала горит мигающим светом, а лампы всех последующих – ровным.

Съем звукового сигнала производится кнопкой съема 5, разрывающей цепь питания тиристора 6, после чего тиристор восстанавливает свои запирающие свойства и отключает звуковой сигнала

лизатор. Сигнальная лампа первого сигнала продолжает гореть мигающим светом, а лампы последующих сигналов – ровным.

Для проверки сигнальных ламп 10 нажимают кнопку проверки 21. При этом через все сигнальные лампы начинает течь ток по цепям: положительный полюс питающего напряжения – контакты кнопки 21 – диод 14 – сигнальная лампа 10 – диод 13 – стабилитрон 19 – прерыватель питания 18 – отрицательный полюс питающего напряжения. Все лампы горят мигающим светом с частотой срабатывания прерывателя.

Разработанный прибор показан на рис. 5 и 6. Он серийно изготовлялся (было выпущено 340 штук) Опытным заводом КЭКТИ автопрома (г. Курган) и внедрен на предприятиях ряда отраслей.

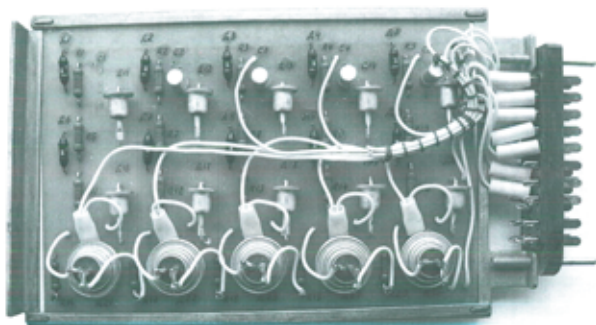


Рис. 5. Плата контроля целостности пяти полосок усталостного датчика

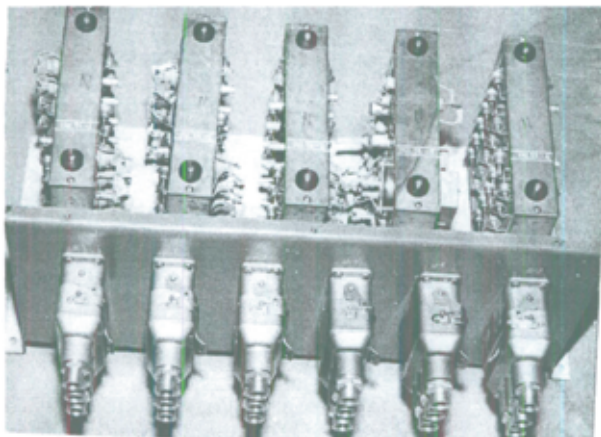


Рис. 6. Приемно-контрольный прибор сигнализации о разрыве полосок датчиков на 25 каналов (полосок)

В настоящее время осуществляется работа по совершенствованию прибора с использованием современной элементной базы (линейные и цифровые интегральные микросхемы).

Список литературы

1. Ремонт корпусных деталей с трещинами // Сельский механизатор. – 2007. – №5. – С. 28.
2. Манило И.И., Тютрин С.Г. Тенденции развития усталостных датчиков и перспективы применения их при ремонте и эксплуатации с.-х. техники // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – №7. – С. 48-51.
3. Соловьев Р.Ю., Манило И.И., Тютрин С.Г. Проблемы оценки прочности рам плугов при эксплуатации и ремонте // Достижения науки – агропромышленному производству: матер. I междунар. научн.-практ. конф.: В 4-х частях / Под.

ред. д-ра техн. наук, проф. Н.С.Сергеева. – Челябинск: ЧГАА, 2011. – Ч.IV. – С. 70-73.

4. Манило И.И., Тютрин С.Г., Цурбанов В.А. Оценка прочности рам плугов усталостными датчиками // Аграрная наука – основа инновационного развития АПК: Матер. междунар. научн.-практ. конф.: В 2-х т. – Курган: КГСХА, 2011. – Т.1. – С. 378-381.

5. Манило И.И., Тютрин С.Г., Клочков А.С. и др. Оценка циклически изменяющихся деформаций деталей посредством металлопокрытий // Инновации и исследования в транспортном комплексе: Матер. I междунар. научн.-практ. конф. – Курган: Российская академия транспорта и ЗАО «Курганстальмост», 2013. – С. 83-86.

6. Манило И.И., Тютрин С.Г., Суханов А.М. и др. Устройство для мониторинга усталостных трещин корпусных деталей автотракторной и сельскохозяйственной техники // Аграрные регионы: тенденции и механизмы развития: Матер. междунар. научн.-практ. конф. – Курган: КГСХА, 2012. – С. 503-507.

7. А.с. 970 414 СССР, МКИ⁷ G 08 B 25/00. Устройство для сигнализации / В.А.Дуплянкин, И.И.Манило; заявитель Курганский ЭКТИ автопром. – №3273036/128-24; заявл. 14.04.1981; опубл. 30.10.1982, Бюл. №40.

8. Дуплянкин В.А. Блок аварийной сигнализации: информ. листок о научн.-техн. достижении / Сост. В.А. Дуплянкин, И.И. Манило, Ю.С. Шарин // Курганский ЦНТИ. – 1981. – №81. – 4 с.

9. Манило И.И. Унифицированный блок аварийной сигнализации: информ. листок о научн.-техн. достижении / Сост. И.И. Манило, В.А. Дуплянкин, В.П. Пономарев, А.С. Пухов // Курганский ЦНТИ. – 1982. – №82. – 4 с.

УДК 621.982

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ХОЛОДНОЙ ПРАВКИ ТОРСИОННЫХ ВАЛОВ НА ОСНОВЕ АКУСТО- ЭМИССИОННОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

MAINTENANCE OF QUALITY OF COLD EDITING ROTATING SHAFT ON THE BASIS OF A ACOUSTIC- EMISSION METHOD OF RECEPTION OF THE INFORMATION

Ключевые слова: торсионные валы; холодная правка изгибом; акустическая эмиссия.

Keywords: rotating shaft; cold editing by a bend; acoustic emission.

Аннотация

Показано, что качественная правка торсионных валов транспортных средств в условиях ремонтно-технических предприятий транспортного комплекса может быть обеспечена однократным упруго-пластическим изгибом на основе акусто-эмиссионного метода получения информации.

Annotation

It is shown, that qualitative editing rotating shaft

of vehicles in conditions of the technical repair enterprises of a transport complex can be provided with a unitary elastic - plastic bend on the basis of a acoustic-emission method of reception of the information.

Манило Иван Иванович

Курганская государственная
сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева,
заведующий кафедрой, д-р техн. наук, засл.
изобретатель РФ, засл. рационализатор РСФСР,
kaf_ppb@mail.ru

Тютрин Сергей Геннадьевич

Курганский государственный университет,
заведующий кафедрой, канд. техн. наук,
докторант

Клочков Александр Сергеевич,

Курганская государственная
сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева,
аспирант

Городских Андрей Андреевич,

Курганская государственная
сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева,
аспирант

Андрюкова Наталья Александровна,

Курганская государственная
сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева,
аспирант

На ряде ремонтно-технических предприятий транспортного комплекса, а также других отраслей (включая оборонный комплекс страны) управление процессом холодной правки торсионных валов осуществляется вручную. Рабочий-правильщик «на глаз» производит поиск прогибов (их бывает несколько), измеряет исходный и остаточный прогибы, ориентирует деталь экстремальной точкой прогиба непосредственно под рабочий инструмент гидравлического пресса, подбирает требующийся прогиб, производя несколько (до 6-7 раз и более) изгибов. Величину усилия изгиба рабочий-правильщик назначает интуитивно (на основании многолетнего личного опыта «чувствования металла»). Показан метод и основные технические средства для их реализации, обеспечивающие адаптивное управление правкой торсионных валов с применением акустической эмиссии для автоматической компенсации упругой составляющей общей деформации упруго-пластического изгиба валов рассматриваемого вида.

Известно [1], что в процессе холодной правки валов по схеме свободного изгиба сосредоточенной нагрузкой на двух опорах изогнутый вал необходимо перегнуть в «обратном» направлении с таким расчетом, чтобы после снятия нагрузки он был выпрямлен (радиус изгиба $R = \infty$).

При практической реализации этого условия процессом правки управляют по закону (рис. 1)

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \varepsilon_y \quad \text{или (что то же самое)}$$

$$e_{\text{обр.пер.}} = e_{\text{исх.пр.}} + e_{y.o.}, \quad (1)$$

где $e_{\text{обр.пер.}}$ – величина изгиба детали в обратную первоначальной кривизне сторону;

$e_{\text{исх.пр.}}$ – исходный прогиб детали;

$e_{y.o.}$ – величина упругой отдачи (пружинение) участка детали, подвергаемого изгибу.

Проведенные металлографические исследования [1] показывают, что торсионные валы, прошедшие несколько видов термической и химико-термической обработки (после каждой из которых они подвергаются операции правки), обладают индивидуальными физико-механическими характеристиками, т.е. для их материалов характерны индивидуальные диаграммы «напряжение-деформация». Строго говоря, индивидуальными пределами пропорциональности, упругости, текучести и др. обладает каждый участок вала, подвергаемый правке изгибом [2;3].

Наряду с этим во время проведения процесса правки валов правильный пресс и его технологическая система непрерывно испытывают внешние воздействия, которые нарушают стабильность протекания хода технологических операций.

Поэтому в основу алгоритма управления процессом правки было положено отслеживание появления момента начала текучести материала вала при одновременном воздействии на исправляемый вал и рабочий инструмент всех возмущений (как известных науке и практике, так и неизвестных). Т.е. в процессе обратного перегиба предварительно сориентированного вала (экстремальной точкой прогиба под рабочий инструмент, например, штемпель) оценивали отклонения геометрической оси изгибаемой детали, отслеживая упругую и измеряя пластическую составляющие ее общей деформации [4].

При изгибе торсионного вала общая деформация будет равна

$$e_{\text{общ.деф.}} = e_{\text{обр.пер.}} = e_{y.o.} + e_{\text{пласт.сост.}}, \quad (2)$$

где $e_{\text{пласт.сост.}}$ – пластическая составляющая деформации.

Приравняв правые части (1) и (2), получим

$$e_{\text{пласт.сост.}} = e_{\text{исх.пр.}}. \quad (3)$$

Условие (3) позволило разработать и реализовать алгоритм правки торсионных валов, который выгодно отличается от других известных.

При управлении процессом правки валов данного вида с использованием предлагаемого алгоритма правки отказались от определения абсолютного значения (измерения) упругой составляющей ($e_{y.o.}$) общей деформации ($e_{\text{общ.деф.}}$) изгибаемого вала, а определяли (выявляли) момент, когда упругая составляющая переставала проявляться в реальной зависимости «напряжение-деформация» в процессе правки каждой (любой) детали.

В частности, упругую отдачу определяли поиском момента времени, когда интенсивность сигналов акустической эмиссии N достигнет экстремального значения, т.е. когда $dN/dt=0$ [5].

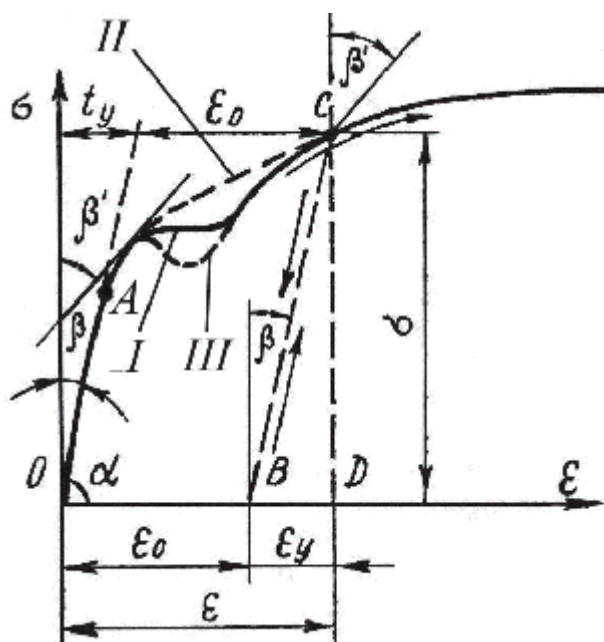


Рис. 1. Обобщенная диаграмма растяжения (напряжение-деформация) металлов, применяемых для изготовления длинномерных деталей класса валов автотракторной и сельскохозяйственной техники:

I – участок появления площадки; II – участок постепенного нарастания пластической деформации; III – участок образования текучести в виде «зуба»

Предлагаемый метод обеспечивает достижение требуемого качества правки торсионных валов однократным нагружением (так как позволяет более точно определять момент начала текучести материала вала). Однако его применение предопределяет необходимость применения сравнительно сложной и дорогостоящей измерительной аппаратуры и обеспечения высокой культуры производства [6]. Поэтому его применение имеет место, преимущественно при правке уникальных и дорогостоящих длинномерных изделий класса валов технологического оборудования на специализированных ремонтно-технических предприятиях (рис. 2).

Для автоматизации процесса ориентации и измерения величины прогиба вала используются сведения о текущем значении производной $dU(e)/dt$, в частности сигналы, соответствующие началу, вершине и концу сигнала, где $U(e)$ – сигнал напряжения U , пропорционального исходному прогибу вала e [1].

Для управления процессом ориентации применялся блок поиска экстремальной точки прогиба вала, который представляет собой электронно-фазовый коммутатор, состоящий из экстрематора и выходного нормализатора, выполненного на однокаскадном транзисторном усилителе и микросхемах.

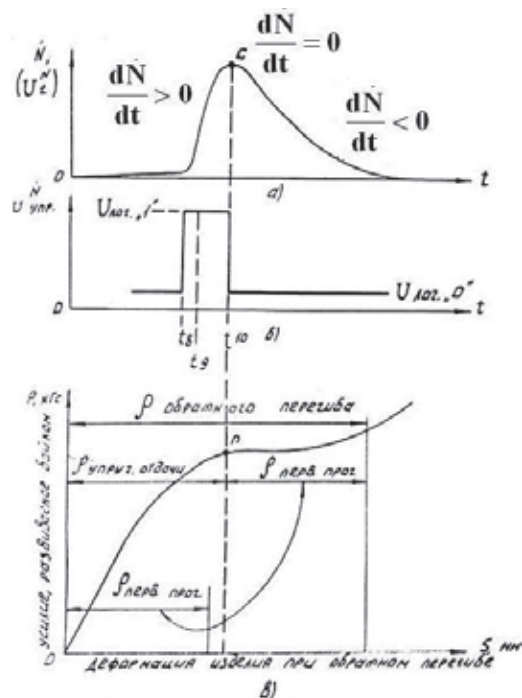


Рис. 2. Отслеживание момента наступления текучести материала торсионного вала с использованием сигналов акустической эмиссии

При проходе экстремальной точки прогиба вала (вращаемого приводом) под измерительным штоком датчика кривизны и переходе напряжения на входе и, соответственно, на выходе экстрематора через U_{max} последний определяет момент

$dU(e)/dt = 0$, т.е. экстремальные значения сигнала напряжения на выходе датчика кривизны. Абсолютное значение производной для управления процессом ориентации вала интереса не представляет и, соответственно, не используется.

В качестве блока отслеживания момента образования «зуба» и экстремума интенсивности сигналов акустической эмиссии для определения момента появления текучести материала изгибаемого вала используется вышеуказанный электронно-фазовый коммутатор, экстрематор и выходной нормализатор, которые формируют прямоугольные сигналы управления (логического нуля «0» и логической единицы «1»).

Обеспечение требуемого качества правки валов однократным изгибом снижает материально-энергетические затраты и, соответственно, техноферную нагрузку на окружающую природную среду.

Список литературы

1. Манило И.И. Повышение эффективности правки деталей класса валов при ремонте сельскохозяйственной техники на основе оптимизации процессов ориентации и изгиба: Дис. ... д-ра техн. наук. – Челябинск: ЧГАУ, 2005. – 387 с.
2. Гулин Ф.В., Клепиков В.Д., Рейн В.В. Технология автотракторостроения. – М.: Машиностроение, 1971. – 343 с.
3. Манило И.И., Волковой М.С. Проблема управления

правкой торсионных валов – дискретная многошаговая задача оптимизации // Экологизация технологий: проблемы и решения: матер. межд. научн.-практ. конф./ Под общ. ред. П. Вильмса (Германия), И. Манило (Россия). – М.: Курган: Курганский научный центр МАНЭБ, 2004. – С.91-94.

4. Манило И.И. Компенсация упругой отдачи материала при автоматическом управлении процессом правки валов на прессах // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 2. – С. 48-50.

5. Манило И.И. Оптимизация процесса правки валов на основе акусто-эмиссионного метода получения информации об упругой составляющей общей деформации детали // Экологизация технологий: проблемы и решения: матер. междунар. научн.-практ. конф. / Под общ. ред. П. Вильмса (Германия), И. Манило (Россия), С. Робинсона (Швейцария). – М. – Курган: Курганский научный центр МАНЭБ, 2004. – С.81-83.

6. Манило И.И., Волковой М.С. Экологизация процесса холодной правки торсионных валов на основе акусто-эмиссионного метода получения информации // Интеграция науки и бизнеса в агропромышленном комплексе: Матер. междунар. научн.-практ. конф. В 3 томах. – Курган: КГСХА, 2014. – Т. 3. – С.248-252.

УДК 504.056:656

ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ЭКОЛОГИЮ

INFLUENCE OF CONSTRUCTION MACHINERY ON ECOLOGY

Ключевые слова: экология, строительная техника, двигатель, выбросы отработавших газов, атмосферный воздух.

Keywords: ecology, construction machinery, engine, exhaust emissions, atmospheric air.

Аннотация

Проведён анализ выбросов вредных веществ строительной техникой, выявлены факторы, влияющие на экологическую систему при строительных работах, предложены варианты для снижения уровня загрязнений.

Annotation

The analysis of the emissions of construction equipment, the factors influencing on the ecological system in the construction site, offered options for reducing pollution.

Михеев Егор Максимович

Варанкин Иван Иванович

Карев Алексей Андреевич

Дальневосточный федеральный университет,
студенты,
тел. +79245258564;
gruppas-3440@mail.ru

Угай Сергей Максимович

Дальневосточный федеральный университет,
доцент, канд. техн. наук

Развитие строительного производства привело к загрязнению окружающей среды. Интенсивному загрязнению подвергаются атмосфера, вода, почва. Любое строительство сопровождается воз-

действием вредных веществ, концентрация которых зависит от объема строительных работ, используемой строительной техники. Районы, в которых работы ведутся круглосуточно, подвержены высокому уровню загазованности, так как рассеиваются вредные вещества с определённой скоростью, которая зависит от характера местности.

Выбросы вредных веществ происходят постоянно, начиная с проведения проектно-изыскательских работ, при строительстве дорог и карьеров, непосредственно при выполнении работ на строительной площадке и заканчивая облагораживанием территории. При составлении рабочего плана проектировщики часто забывают о том, что различная техника работает в разное время и выбросы постоянно воздействуют на население застраиваемого района, происходит загрязнение атмосферы по химическому и физическому факторам (табл. 1).

Таблица 1

Выбросы загрязняющих веществ при осуществлении строительных работ

Вид работы	Загрязняющие вещества	
	Код	Название
Работа автотранспорта (на бензине и дизельном топливе)	301	Азот (IV) оксид (азота)
	304	Азот (II) оксид (азота оксид)
	328	Углерод (сажа)
	330	Сера диоксид (ангидрид сернистый)
	337	Углерод оксид
	2704	Бензин (нефтяной, малосернистый)
Работа дорожной техники (на дизельном топливе)	2732	Керосин
	301	Азот (IV) оксид (азота диоксид)
	304	Азот (II) оксид (азота оксид)
	328	Углерод (сажа)
	330	Сера диоксид (ангидрид сернистый)
	337	Углерод оксид
	2732	Керосин

Учет последовательности и одновременности процессов позволяет оценить реальное воздействие на население строительных работ, что особенно актуально для строительства, ведущегося на территории городов. Строительные работы производятся в 2 этапа – подготовительный и основной. Технологическое многообразие строительных процессов при возведении объектов можно свести к значительно более узкому количеству нормируемых работ, большая часть из которых относится к работам автотранспорта и строительной техники. Процентная оценка выбросов на строительном объекте показана на рис. 1.

Как видно из расчетов, самый заметный вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносит оксид азота. В выбросах, которые осуществляются

в процессе подготовительных работ, доля этого вещества достигает 68%. Также необходимо отметить значительную долю в выбросах углерода оксида и углерода черного. При возведении надземной части, где присутствуют сварочные работы, наблюдается значительное количество оксидов железа (26%) и марганца (11%).

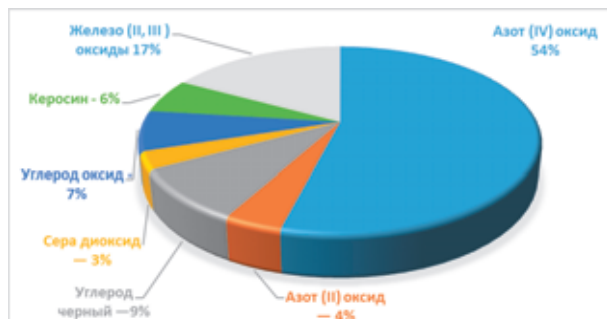


Рис. 1. Процентное соотношение вредных веществ на всех этапах строительства

Большую роль в объёме и качестве отработанных газов играет своевременное техническое обслуживание (ТО) техники и снабжение качественным топливом. От качества ТО зависит химический состав отработанных газов. На сегодняшний день создаются экономичные двигатели, у которых уровень выброса вредных веществ существенно ниже. Производители строительной техники вынуждены создавать наиболее экономные и экологически безопасные машин, снижая как затраты на эксплуатацию, так и выброс вредных веществ. За рубежом нормы токсичности выхлопа для строительной техники строго регламентированы и за нарушение этих норм взимаются штрафные санкции. В табл. 2 приведены нормы токсичности вредных веществ для дизельных двигателей Stage2.

Изменения, происшедшие в природе в результате деятельности человека, приобрели глобальный характер и создали серьезную угрозу нарушения природного равновесия. Правительствам разных стран под давлением общественности приходится принимать меры по охране природных ресурсов, но они не всегда эффективны.

Таблица 2

Нормы токсичности вредных веществ для дизельных двигателей Stage2

Мощность двигателя	Дата вступления норм в действие	CO	CH	NO2	PH
18-37	1 января 2001 г.	5,5	1,5	8,0	0,8
130-560	1 января 2001 г.	3,5	1,0	6,0	0,2
75-130	1 января 2001 г.	5,0	1,0	6,0	0,3
37-75	1 января 2001 г.	5,0	1,3	7,0	0,4

Строительная индустрия – сложный многоплановый комплекс, оказывающий большое воздействие на окружающую среду, резко изменяющий природные биогеоценозы, создающий для чело-

века специфическую среду обитания. Для степени воздействия работ, осуществляемых в строительстве, важна стадия проектирования, так как проектирование с учётом экологических параметров позволяет уменьшить нагрузку на окружающую среду. Для снижения уровня загрязнений при строительном производстве необходимо проводить следующие мероприятия:

- своевременное техническое обслуживание и контроль качества моторного топлива;
- избегание высокого уровня загазованности путём корректировки рабочего плана и наблюдение за состоянием атмосферного воздуха;
- использование современных технологий.

УДК 621.43.016

ВОЗМОЖНОСТЬ ОДНОВРЕМЕННОГО СНИЖЕНИЯ CO, C_NH_M, И NO_x ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАЗНОПОЛЮСНОГО МАГНИТНОГО ПОТОКА НА КОМПОНЕНТЫ ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ REDUCE EXHAUST OF VEHICLES BY INFLUENCE MAGNETIC FLUX TO COMPONENTS AIR-FUEL MIXTURE

Ключевые слова: автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, токсичные компоненты, отработавшие газы, магнитное поле, транспортный поток.

Keywords: vehicle, the engine of internal combustion, toxic components, the exhaust gases, the magnetic field, traffic flow.

Аннотация

Рассмотрено влияние магнитного поля, воздействующего на компоненты топливовоздушной смеси (топливо и воздух) автомобиля, на одновременное снижение токсичных компонентов (оксидов углерода, углеводородов и оксидов азота) в отработавших газах.

Annotation

The influence of the magnetic field acting on the components of the fuel-air mixture of car, the simultaneous decrease of the toxic components (carbon oxides, hydrocarbons and nitrogen oxides) emissions.

Морозова Вера Сергеевна

Южно-Уральский государственный университет,
д-р техн. наук, профессор кафедры «ЭАТ»,
тел. (351) 267-91-21;
morozovavs@susu.ac.ru

Гун Валентина Сергеевна

Южно-Уральский государственный университет,
канд. техн. наук, доцент кафедры
«Электротехника»,
тел. (351) 267-90-14;
vgoun@mail.ru

Поляцко Владимир Леонидович

Южно-Уральский государственный университет,
ассистент каф. «ЭАТ»,
тел. (351) 267-91-21;
polyacko_2002@list.ru

Автомобиль – один из главных транспортных источников загрязнения атмосферного воздуха. При этом выбросы токсичных компонентов с отработавшими газами (ОГ) находятся в непосредственной близости к людям. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) именно автомобиль является причиной таких заболеваний, как рак легких, бронхиальная астма, заболевания крови, аллергические заболевания и др., приводящих к смерти десятков тысяч людей в год.

По данным отечественных и зарубежных исследователей, на долю автотранспорта приходится почти 70% всего загрязнения окружающей среды, а в крупных городах – почти 90%.

Основным источником энергии автомобильного транспорта являются двигатели внутреннего сгорания (ДВС), работающие на природном топливе. По многочисленным прогнозам они останутся самыми перспективными в транспортной энергетике XXI века, но они же являются основными «растратчиками» природных топливных ресурсов, запасы которых ограничены. Поэтому наиважнейшей и актуальнейшей является задача разработки и осуществления высокоэффективных рабочих циклов с высоким коэффициентом полезного действия (КПД) и низким удельным расходом топлива, а также с минимальным количеством токсичных компонентов в ОГ. Как известно, увеличенный КПД и лучшую экономичность можно получить увеличением максимальной температуры цикла, но при этом содержание оксидов азота (NO_x) в ОГ увеличивается. Уменьшение их содержания снижает эффективность сгорания и увеличивает в ОГ количество угарного газа (СО) и различных углеводородных соединений (C_nH_m) [1].

В настоящее время разработано большое количество конструктивных, технологических и эксплуатационных мероприятий по уменьшению токсичности ДВС и снижению их вредного воздействия на человека и окружающую среду.

Одним из таких способов является обработка компонентов топливовоздушной смеси (ТВС) магнитным полем. Идеи магнитной обработки топлива возникли в начале XX века, но практическое применение они нашли впервые в Германии во

время Второй мировой войны. Вначале такую обработку использовали на «Мессершмитах», чтобы сделать менее видными их выхлопные газы для зенитной артиллерии. Уже тогда было установлено, что при магнитной обработке топлива мощность двигателей возрастала при сохранении расхода топлива. В конце войны в качестве трофея изобретение попало в США, где было в 70-х годах использовано в военной и гражданской авиации для экономии топлива и снижения экологического ущерба окружающей среде. В конце 80-х годов прошлого столетия автомобилисты начали делать попытки по использованию магнитной обработки топлива в виде магнитных активаторов на постоянных магнитах, вставляемых в разрезанный топливopовод. Такие активаторы имели довольно сложное конструктивное решение и недостаточную активацию топлива. В настоящее время работы по активации топлива магнитным полем продолжают в Германии, России, Украине, а в Японии ведутся серьезные работы по физическим методам обработки топлива [2].

Целью данного исследования является подтверждение возможности уменьшения содержания токсичных компонентов CO , C_nH_m , NO_x в ОГ автомобиля.

Для активации компонентов ТВС магнитным полем, согласно полученному патенту [3], постоянные магниты устанавливались на немагнитических частях топливного и воздушного трубопроводов разноименными полюсами таким образом, что силовые линии магнитного поля пронизывали топливо и воздух в перпендикулярной плоскости относительно направления течения потока.

Магниты напряженностью 0,08-0,120 Тл устанавливались на немагнитические элементы топливозаборника топливного бака автомобиля ВАЗ 21213 «Нива» (1996 года выпуска) полюсом «S» к топливу и такие же магниты – на канал воздухозаборника воздушного фильтра полюсом «N» к воздуху. Силовые линии магнитного поля пронизывали топливо и воздух в перпендикулярной плоскости относительно направления течения вещества.

Замеры токсичности ОГ проводились пятикомпонентным газоанализатором «АВТОТЕСТ 02.03П» первого класса точности российского производства на режимах холостого хода, минимальной и повышенной частоты коленчатого вала двигателя (700, 3000 мин^{-1} соответственно). Замеры токсичности проводились в соответствии с требованиями ГОСТ Р 52033–2003. Полученные результаты представлены в табл. 1, где видно, что происходит одновременное снижение концентрации всех токсичных компонентов ОГ (NO_x , СО и C_nH_m), а также увеличение коэффициента избытка воздуха λ с приближением его значения к стехиометрическому.

По данным, приведенным в исследованиях других авторов, основными компонентами продук-

Значение выходных компонентов ОГ двигателя с карбюраторным смесеобразованием

Название компонента ОГ	Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Серийная система	Система с магнитами	Процентное изменение компонентов
CO, %	700	4,88	2,16	-55,74
	3000	6,72	5,60	-16,70
CH, ppm	700	1354	447	-66,99
	3000	550	439	-20,18
NO _x , ppm	700	111	62	-44,14
	3000	205	181	-11,70
CO ₂ , %	700	12,70	14,20	+11,81
	3000	12,00	12,90	+7,50
Коэффициент избытка воздуха (л)	700	0,889	0,982	+9,30
	3000	0,850	0,878	+2,80

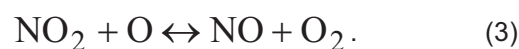
тов сгорания являются следующие нетоксичные и токсичные продукты: CO₂, H₂O, H₂, O₂, N₂, N, H, O, O₃, OH, NO, NO₂ [3]. Наиболее массовыми компонентами из них являются азот (N, N₂), диоксид углерода (CO₂), пары воды (H₂O) и избыточный кислород (O, O₂, O₃), составляющие по суммарному объему в ОГ до 90-95%, в то время как на токсичные компоненты приходится 0,2-2% объема. Около 80-95% от общей массы токсичных компонентов приходится на долю NO_x, CO, C_nH_m, альдегидов RCHO и диоксида серы [4]. По данным этого же источника, у бензиновых двигателей объемное содержание NO может достигать до 99% от всего объема NO_x, при этом монооксид азота является нестабильным компонентом и окисляется до NO₂ в течение от 0,5 до 100 часов.

Монооксид углерода CO в бензиновых двигателях, работающих на режимах с низкими коэффициентами избытка воздуха (на режимах холостого хода при $\lambda < 1$), достигает концентрации в ОГ 6–12%, что составляет значительную величину [4].

Метан CH₄ относится к группе легких газообразных углеводородов и на его долю в бензиновых двигателях приходится 14–58% от общего содержания в ОГ несгоревших углеводородов, а при значительном содержании легких несгоревших углеводородов отработавшие газы имеют белый цвет, так же как и при содержании большого количества водяных паров.

Кроме того, имеющиеся в ОГ ДВС альдегиды являются продуктами неполного сгорания, преобладают в форме формальдегида HCHO, ацетальдегида CH₃CHO и акролеина CH₂CHCHO и вызывают резкий неприятный запах отработавших газов.

При одновременном воздействии на компоненты рабочего тела разноименных полюсов магнитного поля органолептическим методом было установлено, что исчезает резкий запах ОГ, серый дым меняется на белый или бесцветный, ход реакции и окисление альдегидов можно представить в виде:



Так как плотности топлива и воздуха значительно различаются, то было проведено исследование по влиянию величины магнитных потоков, воздействующих на топливо $\Phi_{\text{топл}}$ и воздух $\Phi_{\text{возд}}$, и их соотношений, определяемых коэффициентом $K = \Phi_{\text{возд}} / \Phi_{\text{топл}}$, на изменение (Δ , %) величин токсичных компонентов CO, C_nH_m и NO_x, а также CO₂, O₂, λ исследуемых режимов по сравнению с серийной системой без магнитного поля, что представлено в табл. 2.

В табл. 2 приведены данные четырех опытов при воздействии на воздух магнитным потоком $\Phi_{\text{возд}}$ от $3,3 \cdot 10^{-4}$ до $13,2 \cdot 10^{-4}$ Вб, а на топливо $\Phi_{\text{топл}}$ в пределах от $1,15 \cdot 10^{-4}$ до $4,62 \cdot 10^{-4}$ Вб, но при их одинаковом соотношении $K=2,85-2,86$. Из полученных данных видно, что уменьшение (Δ , % со знаком «минус») токсичных компонентов CO, C_nH_m, NO_x произошло при всех значениях магнитных потоков, а величина этих изменений тем больше, чем выше величина магнитного потока (данные опыта №4 по сравнению с данными опыта №1).

Нормируемыми токсичными компонентами дизелей в соответствии с современными нормативными документами (EURO-3, EURO-4, EURO-5) являются NO_x, CO, C_nH_m и твердые частицы (сажа) [5].

Углеводородов C_nH_m в дизелях содержится до 200 различных компонентов нескольких гомологических рядов, от мелких малотоксичных газообразных до сложных, тяжёлых высокомолекулярных и очень токсичных полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). При значительном

Таблица 2

Изменение показателей токсичности (Δ , %) при различных величинах магнитных потоков и одинаковом их соотношении K

Параметры	Изменение показателей токсичности (Δ , %)							
№ опыта	1		2		3		4	
$n, \text{мин}^{-1}$	700	3000	700	3000	700	3000	700	3000
CO	-6,6	-2,8	-8,6	-16,3	-41,3	-18,7	-42,1	-21,8
CnHm	-20,8	-2,2	-61,5	-16,4	-1,8	-17,2	-49,8	-14,9
NO _x	-16,7	-9,2	-18,5	-24,2	-35,4	-13,2	-16,7	-18,8
CO ₂	+6,9	+2,2	+4,6	-2,2	+2,9	+6,2	+3,8	-1,5
O ₂	-16,8	-11,6	-64,5	-23,3	+47,5	-12,8	-39,2	-11,6
л	-0,5	+0,2	-3,3	+1,1	+5,1	+3	+9,5	+2,0
$\Phi_{\text{возд}} \cdot 10^{-4}, \text{Вб}$	3,3		4,2		6,6		13,2	
$\Phi_{\text{топл}} \cdot 10^{-4}, \text{Вб}$	1,2		1,5		2,3		4,6	
$K = \Phi_{\text{возд}} / \Phi_{\text{топл}}$	2,9		2,9		2,9		2,9	

содержании лёгких несгоревших углеводородов выхлопные газы имеют белый цвет. Наиболее канцерогенным ПАУ в ОГ является бензопирен, составляющий у дизелей до 3,7% и адсорбирующийся на частицах сажи.

Причинами повышенного дымления дизелей являются недостаток воздуха на переходных режимах работы и режимах с пониженной частотой вращения при полной нагрузке, а также ухудшение качества распыливания топлива на этих режимах. Общее количество токсичных веществ, выделяемых при сгорании 1кг топлива в дизеле, в 10 раз меньше, чем при сгорании 1кг бензина в карбюраторном. Однако в ОГ дизелей содержится в 5 раз большее количество адсорбированных канцерогенных ПАУ, представляющих большую опасность для здоровья человека [5].

Исследования на дизеле проводились в сертификационном центре автотракторной техники при Государственном научно-исследовательском институте по промышленным тракторам города Челябинска. Сертификационные испытания на восьмиточечном исследовательском цикле дизеля 4 ЧН 15/20,5 показали, что при установке на топливный и воздушный тракты магнитов напряженностью 0,34-0,38 Тл уменьшение в среднем выброса токсичных компонентов составило: NO_x на 4%, CO до 8,8%, C_nH_m до 4,5% с одновременным снижением часового расхода топлива в среднем на 3% и повышением коэффициента избытка воздуха α до 5,5%. Результаты представлены в табл. 3.

Замеры выбросов твердых частиц при этом показали снижение их в среднем до 45%, что представлено в табл. 4.

Таблица 3

Экологические и экономические показатели дизеля 4 ЧН 15/20,5

Показатели		Частота вращения коленчатого вала $n, \text{мин}^{-1}$							
		1230	1230	1230	1230	960	900	900	550
Мкр, Н·м		1099	859	589	141	1279	930	614	14
G _T , кг/ч	Сер.	31,50	26,70	18,80	7,80	28,60	18,60	13,50	1,51
	С магн.	31,10	26,10	18,10	7,60	28,40	18,30	12,40	1,59
	% изм	-1,30	-2,30	-3,70	-2,60	-0,70	-1,60	-8,20	+5,03
ge, г/кВт ч	Сер.	222,60	241,30	247,40	427,50	222,20	212,10	233,20	1987,50
	С магн.	219,80	236,20	238,20	417,60	221,30	208,80	215,20	1887,50
	% изм	-1,30	-2,11	-3,70	-2,30	-0,40	-1,60	-7,70	+5,03
NO _x , млн ⁻¹	Сер.	1890	1710	1370	490	1840	2010	1610	40
	С магн.	1830	1700	1340	430	1870	2010	1550	30
	% изм	-3,10	-0,60	-1,40	-12,30	+2,10	0,00	-0,60	-15,40
CO ₂ , млн ⁻¹	Сер.	35,00	6,10	0,00	13,50	87,50	40,00	28,50	177,00
	С магн.	17,00	1,10	0,00	21,50	82,50	40,00	22,00	176,00
	% изм	-51,00	-82,00	0,00	+59,00	5,90	0,00	-22,20	-0,56
C _n H _m , млн ⁻¹	Сер.	135	100	125	122	150	140	150	330
	С магн.	120	90	120	126	120	150	135	320
	% изм	-11,10	-9,70	-4,00	+4,10	-20,00	+11,50	-8,20	-2,40

Снижение выбросов твердых частиц дизеля 4 ЧН 15/20,5 при установке магнитов

Показатели	Частота вращения коленчатого вала n , мин ⁻¹							
	1230	1230	1230	1230	960	900	900	550
Мкр, Н·м	1099	859	589	141	1279	930	614	14
Уменьшение выброса твердых частиц с магнитами, %	45,5	34,5	24,1	34,2	63	0	9	62

Одновременное воздействие разноименными полюсами магнитного поля на топливо и воздух, вероятно, увеличивает полноту сгорания топлива за счет повышения интенсивности испарения жидкости и более полной качественной гомогенизации паров топлива с противоположно заряженными частицами воздуха, что в свою очередь приводит к увеличению количества активных центров воспламенения и более качественным процессам смесеобразования и сгорания топлива, а также к повышению экологической и экономической эффективности.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Снижение выбросов основных токсичных компонентов CO , C_nH_m и NO_x на ДВС с различным смесеобразованием с одновременным улучшением экономических показателей возможно воздействием магнитного потока на топливо и воздух до попадания их в объем смесеобразования.

2. Магнитный поток для одновременного воздействия создается простыми устройствами из постоянных магнитов, устанавливаемых разноименными полюсами снаружи топливопровода и воздухопровода, подающих топливо и воздух в объем их смесеобразования, что не требует больших материальных затрат.

Список литературы

1. Кавтарадзе Р.З. Теория поршневых двигателей: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2008. – 720 с.
2. Уменьшение содержания вредных примесей в выбросах дизельных двигателей / Т. Моримацу, Т. Окасаки, Т. Фуруа, Х. Фурукава // Тр. Американского общества инженеров-механиков. Сер. А. Современное машиностроение. – 1989. – № 5. – С. 1-7.
3. Патент РФ 042445. МПК F02M27/04, F02B51/04. Способ интенсификации работы двигателя внутреннего сгорания / В.С. Морозова, В.К. Марченков, В.Л. Поляцко, В.С. Гун, С.П. Вяткин, В.И. Рамов RU-2007138802/06. Заявлено 18.10.2007; опублик. 20.04.2009. Бюл.№11.
4. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение. – 160 с.
5. Марков В.А., Баширов Р.М., Габитов И.И. Токсичность отработавших газов дизелей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 376 с.

УДК 628.511.2

ПРОТЯЖЕННЫЙ ОТСОС С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМ ВХОДОМ ВОЗДУХА

AN EXTENDED SUCTION WITH THE TANGENTIAL INPUT OF AIR

Ключевые слова: сыпучие пылящие грузы, пыль, погрузо-разгрузочные работы, аспирация, протяженные отсосы с тангенциальным входом воздуха.

Keywords: bulk dusting goods, dust, loading and unloading operations, aspiration, access roads, extended suction with tangential input of air.

Аннотация

В статье рассмотрен вопрос снижения пылевого загрязнения окружающей среды при погрузо-разгрузочных работах. Протяженные отсосы дают возможность удалять запыленный воздух по всей длине источника пыления. Проведен теоретический расчет предложенного отсоса с закручиванием воздуха на входе.

Annotation

The question of decrease in dust environmental pollution during the loading-unloading operations are presented in this article. Aspiration with an extended suction provides the ability to remove the dusty air along the length of the source dusting. Theoretical calculation of the offered suction with an air torsion on an entrance is carried out.

Пригородова Татьяна Николаевна,

Уральский государственный университет путей сообщения, аспирант,
prigorodova-tn@yandex.ru

Создание благоприятных условий труда для персонала является первоочередной задачей каждого руководителя предприятия. Однако проблема создания безопасных условий для высокопроизводительной трудовой деятельности и уменьшения числа источников загрязнения атмосферы остается весьма острой. Особого внимания в решении проблемы пылевого загрязнения заслуживает обеспыливание производств, связанных с переработкой сыпучих материалов. Запыленность

воздушной среды на их погрузо-разгрузочных участках превышает допустимые нормы.

Согласно данным Государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации в 2012 году» [1], пятая часть от общего числа заболеваний приходится на долю заболеваний, вызванных промышленными аэрозолями. Они занимают третье место по удельному весу.

По данным Годового отчета ОАО «РЖД» [2], в 2013 г. около 60% от всего вагонного парка составляют полувагоны (530 тыс. единиц), транспортирующие сыпучие и крупнокусковые грузы (каменный уголь, кокс, руды, щебень). Среднее количество перевозимых пылящих грузов по ОАО «РЖД» составляет около 35% (435 млн т).

Вагоны как источники пыления имеют большую протяженность (до 15 м и более) и труднодоступны с точки зрения размещения вблизи них средств пылеулавливания. Пыление с разной интенсивностью происходит по всей длине вагона. Для эффективной локализации выбросов следует обеспечить удаление запыленного воздуха по всей длине источника.

Организованные места перегрузок оборудуются течками (трубы, желоба), снижающими количество выбросов пыли. Удалить пыль от такого места производства работ проще из-за ее локализации. В пунктах массовой разгрузки сыпучих и крупнокусковых грузов на железнодорожных станциях, подъездных путях предприятий широко применяются вагоноопрокидыватели. При выгрузке сыпучего материала за короткое время резко возрастает концентрация пыли в воздухе, которая заполняет весь объем разгрузочного пункта, просачивается через неплотности и распространяется на прилегающую территорию. Большее загрязнение атмосферы наблюдается при открытой установке вагоноопрокидывателей. Неорганизованные места перегрузок ничем не оборудуются, и разгрузка вагонов осуществляется посредством открытия люков. Эта процедура производится работником. В момент высыпания груза он находится в зоне его разгрузки, что является, во-первых, небезопасно, во-вторых, вредным из-за обильного пылевыведения.

Неудовлетворительные условия труда и состояние воздушной среды, вызванные высокой запыленностью воздуха на пунктах разгрузки, обусловлены следующими причинами:

1. Низкой надежностью применяемых локализирующих устройств.

2. Высокой энергоемкостью аспирационных систем, отрицательно влияющей на режимы их эксплуатации.

3. Отсутствия эффективных решений по обеспыливанию неорганизованных мест разгрузки.

Сухой метод борьбы с пылевыведением – аспирация – является наиболее универсальным способом удаления загрязнения.

Места загрузки железнодорожных вагонов сы-

пучими материалами располагаются, как правило, на подъездных путях промышленных предприятий. Каждый погрузочный узел требует сооружения аспирационной установки с закладкой резервного оборудования для обеспечения бесперебойной работы аспирации. Капитальные затраты на устройство автономных систем аспирации велики. Кроме того, для размещения систем требуются большие производственные площади.

Поиск решения проблемы необходимо вести на пути создания устойчиво работающих протяженных отсосов и централизованных систем, имеющих высокую степень надежности при переменном переключении отсосов. Помимо того, следует поддерживать скорость, достаточной для транспортирования пыли по всей длине всасывающего устройства. Попыткой реализации поставленных задач является разработка протяженного отсоса постоянного или конического сечения с тангенциальным входом воздуха (рис. 1), что позволит предотвратить отложение пыли в зонах отсоса посредством закручивания потока воздуха в воздуховоде-отсосе.

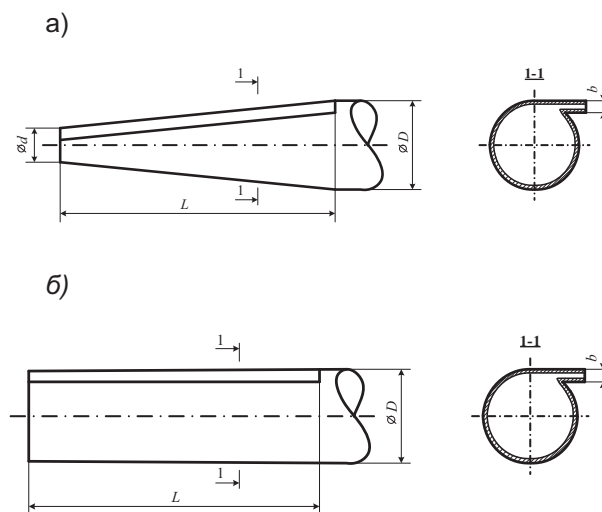


Рис. 1. Протяженный щелевой отсос с тангенциальным входом воздуха:

а) конической формы; б) цилиндрической формы

Ниже сделана попытка теоретически описать процесс движения закрученного потока, происходящий в пылеприемном устройстве – протяженном вытяжном воздуховоде цилиндрической формы с приращением расхода по всей его длине.

Расчетная схема протяженного отсоса цилиндрической формы с тангенциальным входом приведена на рис. 2. Для описания исследуемого процесса была использована теорема о количестве движения массы [3], согласно которой сумма проекций всех сил, приложенных к струе на любом участке, равна приращению проекции секундного количества движения на этом участке. Торцевые части контрольных поверхностей проведены нормально к направлению потока. На контрольные поверхности 1-1 и 2-2 действуют силы давления P_1 и P_2 , нормальные к рассматриваемым сечени-

ям площадью F . К боковой поверхности приложена сила трения $P_{тр}$, направленная параллельно потоку против него. Проекция на ось OX силы давления на элементарной площадке P_n , через которую идет подсос воздуха внутрь протяженного отсоса, равна 0. Тогда уравнение проекций на ось OX равнодействующей внешних сил UQ для выделенного объема будет выглядеть следующим образом:

$$\sum Q = P_1 F - P_2 F - P_{тр} \quad (1)$$

$$\sum Q = P_1 F - P_2 F - \tau_0 2\pi R dx, \quad (2)$$

где τ_0 – касательное напряжение, Па;
 dx – расстояние между сечениями 1-1 и 2-2, м;
 R – радиус поперечного сечения отсоса, м.

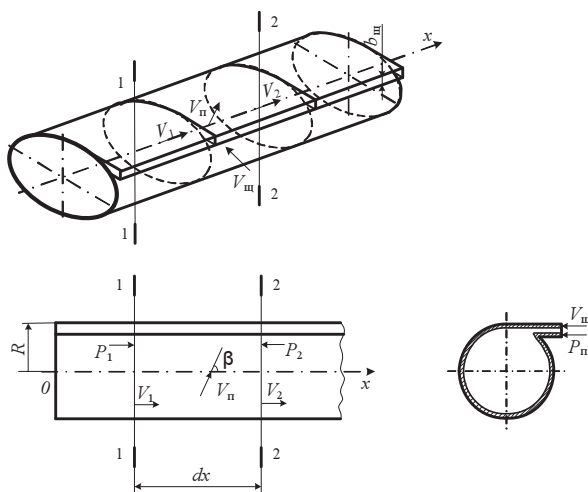


Рис. 2. Расчетная схема протяженного отсоса цилиндрической формы с закрученным потоком воздуха

Изменение количества движения массы $d(MV)$ выделенного объема во времени dt в проекциях на ось OX следует записать следующим образом:

$$\frac{d(MV)}{dt} = \rho \bar{V}_2^2 F - \rho \bar{V}_1^2 F - \rho V_n \cos \beta dL_n, \quad (3)$$

где ρ – плотность среды, кг/м³;

\bar{V}_1, \bar{V}_2 – средние скорости в сечениях потока 1-1 и 2-2 соответственно, м/с;

V_n – скорость подмешивающегося воздуха, м/с;

β – угол между направлением скорости подмешивающегося к основному потоку воздуха и осью OX , град;

L_n – объемный расход подмешивающегося воздуха, м³/с.

Расход подмешивающегося воздуха равен произведению скорости всасывания воздуха в щель

шириной b и площади самой щели. Тогда уравнение изменения количества движения массы во времени примет вид:

$$\frac{d(MV)}{dt} = \rho \bar{V}_2^2 F - \rho \bar{V}_1^2 F - \rho V_n \cos \beta V_{щ} b dx. \quad (4)$$

Согласно уравнению количества движения равнодействующая внешних сил должна быть равна изменению количества движения:

$$P_1 F - P_2 F - \tau_0 2\pi R dx = \rho \bar{V}_2^2 F - \rho \bar{V}_1^2 F - \rho V_n \cos \beta V_{щ} b dx. \quad (5)$$

Применительно для рассматриваемого объема воздуха уравнение преобразуется следующим образом:

$$(P_1 - P_2) F - 2\pi R \int_{x_1}^{x_2} \tau_0 dx = \rho F (\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2) - \rho \int_{x_1}^{x_2} V_n \cos \beta V_{щ} b dx. \quad (6)$$

Касательное напряжение определяется согласно формуле:

$$\tau_0 = \frac{\lambda \rho V^2}{8}, \quad (7)$$

где V – скорость движения воздуха в пристенном слое отсоса. При замене касательного напряжения в выражении (6) уравнение изменяет вид:

$$(P_1 - P_2) F = 2\pi R \int_{x_1}^{x_2} \frac{\lambda \rho V^2}{8} dx + \rho F (\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2) - \rho \int_{x_1}^{x_2} V_n \cos \beta V_{щ} b dx, \quad (8)$$

$$(P_1 - P_2) F = \frac{\pi R \lambda \rho}{4} \int_{x_1}^{x_2} V^2 dx + \rho F (\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2) - \rho \int_{x_1}^{x_2} V_n \cos \beta V_{щ} b dx. \quad (9)$$

При делении правой и левой частей уравнения (9) на площадь поперечного сечения отсоса F потери давления в протяженном отсосе составят:

$$P_1 - P_2 = \frac{\lambda \rho}{4R} \int_{x_1}^{x_2} V^2 dx + \rho (\bar{V}_2^2 - \bar{V}_1^2) - \frac{\rho}{\pi R^2} \int_{x_1}^{x_2} V_n \cos \beta V_{щ} b dx. \quad (10)$$

Таким образом, потери давления в протяженном отсосе цилиндрической формы зависят от

скорости воздуха в отсосе, его радиуса, ширины щели, угла между скоростью подмешиваемого воздуха и осевой скоростью, оформления входа. Скорость движения воздуха в пристенном слое требует дополнительного экспериментального определения, т.к. в данном отсосе создается вращательное движение.

Список литературы

1. Государственные доклады // Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2006-2011. URL: <http://rospotrebnadzor.ru/documen/doclad> (дата обращения 10.02.2014).
2. Отчетность компании // ОАО «Российские железные дороги», 2003-2013. URL: http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=32 (дата обращения 19.01.2014)
3. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. – М.: Наука, 1976. – С. 34-37.

УДК 504.064.45

УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

DISPOSAL OF HYDROCARBON WASTE GENERATED BY PROCESSES OF RAIL TRANSPORT

Ключевые слова: пиролиз углеводородсодержащих отходов, синтеза метанола, гетерогенная каталитическая реакция.

Keywords: pyrolysis of hydrocarbon waste, methanol synthesis, heterogeneous catalytic reaction.

Аннотация

В процессе исследований термической переработки углеводородсодержащих отходов выявлены наиболее ценные с экологической точки зрения вторичные продукты переработки в виде синтез-газа и метанола. Разработана конструкция пиролизной установки с применением синтез-реактора. Полученные результаты исследования могут быть использованы транспортными предприятиями на снижение техногенной нагрузки.

Annotation

During studies of thermal processing of hydrocarbon-containing waste revealed the most valuable from the ecological standpoint secondary products in the form of synthesis gas and methanol. The design using a pyrolysis plant synthesis reactor. The obtained results of the study can be used by transport enterprises to reduce anthropogenic impact.

Прокофьева Наталья Геннадьевна
Филиал Уральского государственного
университета путей сообщения, г. Тюмень,
старший преподаватель;
nata_n_prokofeva@mail.ru

Транспортная политика России должна поэтапно интегрировать базовые принципы устойчивого развития транспорта, согласно которым решение задач удовлетворения транспортных потребностей не вступает в противоречие с приоритетами охраны окружающей среды и здоровья граждан, не нарушает интересов будущих поколений. В связи с чем транспортную безопасность следует рассматривать как систему, направленную на экологизацию транспортного комплекса, т.к. внедрение норм охраны окружающей среды в объекты транспортной инфраструктуры ведет к снижению уровня воздействия на нее транспортных средств [1]. Состояние окружающей среды оставляет желать лучшего, поэтому экологическая безопасность очень важна. Нормирование качества окружающей природной среды производится для установления предельно допустимых норм воздействия на нее, гарантирующих экологическую безопасность населения и сохранение генетического фонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности [2]. Современное направление конкретной природоохранной деятельности представляет собой систему локальных очисток среды от загрязнения и нормирования показателей качества окружающей среды, а также внедрения ресурсосберегающих технологий [3].

В настоящее время на железнодорожном транспорте накапливается огромное количество нефтезагрязненных отходов, которые наносят непоправимый вред окружающей среде, выбрасывая вредные вещества в атмосферу, проникая в верхние слои почвы, приводя к деградации плодородных земель, занятых твердыми отходами. Так, на предприятии Западной Сибири ежегодно образуется до 4,6 тысяч тонн отработанных минеральных масел, не подлежащих регенерации, а также около 50 тонн промасленной ветоши, которая затем сжигается в газо-факельных установках, увеличивая тем самым выбросы в атмосферу оксидов азота, углерода, серы и взвешенных веществ [4]. Углеводородсодержащие отходы образуются и в технологических процессах железнодорожного транспорта: отработанные масла промышленные; смесь нефтепродуктов отработанных; отработанная смазка буксовых узлов колесных пар; отработанные дизельные масла; обтирочный материал, загрязненный маслами; фильтры бумажные, замасленные, отработанные; осадки пропиточных масел; шпалы железнодорожные деревянные, пропитанные антисептическими средствами, отработанные и брак; отходы

сучьев, ветвей от лесоразработок; нефтезагрязненный грунт с территории предприятия и так далее.

Поэтому актуальна проблема создания природоохранной технологии утилизации углеводородсодержащих отходов на базе неисчерпаемого дешевого сырья, увеличивающей ценность вторичных полезных продуктов. Снижение техногенной нагрузки промышленных предприятий железнодорожного транспорта, с которой не «справляются» процессы естественного самовосстановления природных экосистем, возможно разработанным способом, имеющим положительный эффект, – совокупность технических и потребительских свойств малоотходных и ресурсосберегающих технологий пиролиза углеводородсодержащих отходов. В результате конверсии углеводородсодержащих отходов получен синтез-газ, являющийся дешёвым метанольным сырьём. Метанол востребован как ингибитор гидратообразования в нефтегазовой промышленности, а также как добавка к топливу любого транспортного средства, в том числе железнодорожного.

Продвижение технологии конвертирования метанола в бензин или другие продукты, получаемые в настоящее время в большинстве своем из нефти, может существенно поднять спрос на него [5]. По информации, взятой с сайта [5], теоретически метанол способен заменить по крайней мере 90% топлива, используемого в дизельных установках на грузовиках и в железнодорожных локомотивах. Он является оптимальным топливом, поскольку главные требования к такому топливу – энергоемкость, производительность и безопасность. Метанол как моторное топливо имеет высокое октановое число и низкую пожароопасность. На данный момент наибольшее распространение этот вид топлива получил в США. Уже много лет здесь выпускается наиболее распространенная марка М-85 (85% смесь с бензином), а также М-100 (чистый метанол). Однако при использовании метанола в качестве топлива возникает ряд проблем технического характера, связанных с существенными различиями свойств метанола и бензинов. Теплота сгорания метанола в 2,24 раза меньше, чем у бензина. Метанол имеет более высокую скрытую теплоту испарения, низ-

кую упругость паров, низкую температуру кипения, повышенную гигроскопичность и повышенную склонность к образованию с некоторыми составляющими бензина азеотропных смесей, а также повышенную склонность к калильному сжиганию.

Помимо этого, метанол обладает повышенной коррозионной агрессивностью к металлам и некоторым пластмассам. Пары метанола токсичнее паров бензина и вызывают сильные отравления при попадании в организм человека, слепоту и даже летальный исход.

Таким образом, использование чистого метанола в качестве топлива (топливо М-100) для двигателей внутреннего сгорания требует существенной реконструкции двигателя транспортного средства и осторожности в обращении.

В качестве положительных свойств метанола можно указать его высокую детонационную стойкость и более высокие скорости сгорания топливовоздушных смесей. При этом низкая теплота сгорания не снижает мощностных показателей двигателя, так как их определяющим фактором является не теплота сгорания топлива, а теплота сгорания единицы массы топливообразующей смеси, которая у метаноловоздушных смесей на 3-5% выше, чем у бензинов. При этом и метанола требуется в 2,3 раза больше.

Высокая скрытая теплота испарения метанола (в 3,66 раза выше, чем у бензина) оказывает качественное влияние на процесс смесеобразования. Это свойство метанола ведет к уменьшению теплонапряженности деталей двигателя и увеличению весового наполнения цилиндров свежим зарядом, что способствует увеличению мощности двигателя. Кроме всего прочего, при использовании метанола существенно ниже загрязнение атмосферы, ниже нагарообразование на рабочих поверхностях камеры сгорания и меньше закоксование деталей цилиндропоршневой группы.

Уровень выбросов вредных веществ, при использовании в качестве топлива бензина, М-85 и М-100 отображен в табл. 1 [5].

Для использования метанола в качестве топлива необходимо, чтобы цены на него были приемлемы. Сейчас на внутреннем и мировом рынках наблюдаются крайне высокие цены на метанол. На рис. 1 представлена тенденция увеличе-

Таблица 1

Уровень выбросов вредных веществ

Выбросы, мг/км	Бензин	М85	М100
Σ Углеводороды	161,59	111,87	124,30
СО	733,37	683,65	870,11
NOx	490,99	379,12	285,89
Бензол	7,79	4,38	0,32
Толуол	33,66	8,66	2,11
1-3 бутadiен	0,19-0,50	0,44	2,05
Формальдегид	4,78	13,87	21,76
Ацетальдегид	0,94	10,02	0,27

ния стоимости метанола по годам, где нижняя составляющая – базовая стоимость метанола, а верхняя – расходы, связанные с его транспортом и хранением.

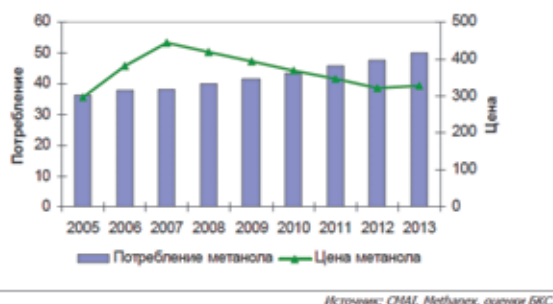


Рис.1. Стоимость метанола

Это не способствует широкому его применению в этой области [5]. Удельные расходные показатели потребления метанола непосредственно зависят от состава добываемого природного газа, а также от технологии подготовки природного газа к транспорту. Снизить удельные расходы можно при помощи мобильного малотоннажного технологического комплекса, описанного ниже. Исходным продуктом получения метанола по данной технологии являются углеводородсодержащие отходы, переработанные в пиролизный газ, компонентный состав которого состоит в основном из монооксида углерода и водорода. Отходы практически не имеют стоимости по сравнению с добываемым природным газом. Хранение же их весьма дорогостоящее дело, выгоднее их утилизировать с пользой. Транспортные расходы на доставку природного газа с месторождений к метанольным заводам, а затем обратно к потребителю экологически неэффективно и экономически невыгодно. Сравнение результатов эксперимента и расчетных исследований позволяет сделать вывод о том, что потенциал углеводородсодержащих отходов увеличивается за счет использования газообразной фракции высокотемпературной пиролизной переработки. Экспериментально установлено (на примере получения метанола из синтез-газа), что разработанное аппаратное решение конструкции лабораторной установки обеспечивает возвращение ценных составляющих углеводородсодержащих отходов в ресурсооборот. Суть технологии, воплощенной в мобильной малотоннажной установке, состоит в следующем.

Лабораторная установка включает в себя реактор, который предназначен для утилизации органических отходов и представляет собой электродуговую печь косвенного действия. При этом дуга горит между горизонтально расположенными электродами, а утилизируемому материалу тепло от дуги передается излучением, конвекцией и теплопроводностью. Реактор изготовлен в виде герметично выполненного металлического сосуда цилиндрической формы с внутренним диаметром 130 мм, высотой 400 мм, в верхней час-

ти которого расположен люк загрузки отходов, а в нижней части имеется люк для выгрузки зольного остатка. Крышки люков выполнены съемными, герметичное закрытие их производится при помощи болтовых соединений [6].

Первый этап – получение высокотемпературного потока теплоносителя, реализуемого с помощью электродугового разряда. В результате пиролиза должно хватить запаса тепла для наиболее полного термического разложения до полезных продуктов. Второй – вывод пиролизного газа. В результате должна получиться смесь с заданной температурой и составом. Третий – собственно реактор синтеза метанола, позволяющий конвертировать пиролизный газ в продукты органической химии.

Испытательный стенд состоит из двух реакторов, первый предназначен для утилизации углеводородсодержащих отходов. Второй реактор предназначен для конверсии пиролизного газа в продукты газохимии. Полученный на выходе первого реактора синтез-газ поступает в синтезатор, и на цинк-хромовом катализаторе происходит превращение его в метанол CH_3OH под действием электромагнитного поля. Смесь газообразных продуктов на выходе синтезатора метанола поступает в накопительный бачок. Самым главным узлом в этом процессе является синтез-реактор. Лабораторный образец его был выполнен из бронзовой болванки с внутренним диаметром 33 мм. К заглушкам в отверстия вставляются и привариваются переходные штуцера или просто соединительные бесшовные стальные трубки. Снаружи болванки идут обмотки катушки. Гранулированный цинк-хромовый катализатор измельчили до порошкообразного состояния в соотношении один к одному с ферритовым порошком и поместили внутрь синтез-реактора. На рис. 2 изображена схема синтез-реактора.

Активация катализатора внутри синтез-реактора осуществлялась смешиванием его с ферромагнитным порошком и воздействием на данную смесь электромагнитным полем, создаваемым соленоидальной катушкой, намотанной на корпус синтезатора. Для исследования возможности активации процесса получения метанола в синтез-реакторе магнитным полем в присутствии ферромагнитных частиц и катализатора в работе была изготовлена 3-слойная соленоидальная катушка рабочей реакторной длиной около 140 мм и индуктивностью $L=5,2 \text{ мГн}$, намотанная медным проводом диаметром $d=0,2 \text{ мм}$. Основное действие магнитного поля на процесс получения метанола

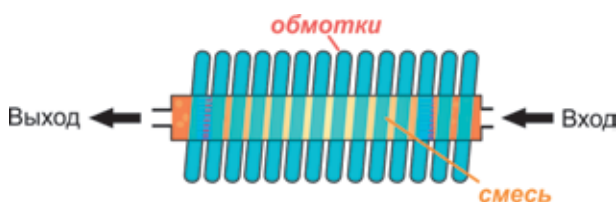


Рис.2. Схема синтез – реактора

заключается именно в активизации катализатора за счет смещения его частиц частицами ферромагнитного порошка, переориентация которых обеспечивается внешним магнитным полем. При наличии смещения частиц катализатора он взаимодействует с большим объемом синтез-газа, увеличивая в результате выход метанола. Этот эффект будет тем больше, чем больше будет амплитуда сдвига частиц катализатора, задаваемая переориентацией частиц ферромагнитного порошка. А эта переориентация будет максимальной в синусоидальном переменном магнитном поле. Оптимальное число витков катушки оценивалось на основании расчетов. Во втором реакторе происходит гетерогенная каталитическая реакция. Любой гетерогенный процесс является многостадийным и состоит по крайней мере из трёх последовательно протекающих стадий. Первая стадия – это подвод реагирующих веществ к реакционной поверхности; вторая стадия – химическая реакция на этой поверхности и третья стадия – это отвод продуктов реакции от реакционной поверхности. Перенос вещества, который осуществляется на первой и третьей стадиях, называется массопередачей. Эффективное перемешивание в синтез-реакторе приводит к изменению параметров массопередачи, а воздействие магнитного поля – к изменению энергии исходных соединений, увеличивая скорость реакции и сокращая её продолжительность. Присутствие в реакционной массе ферромагнитных частиц, движущихся в переменном электромагнитном поле, приводит к увеличению площади соприкосновения газовой и твердой фазы и ускорению протекания гетерогенной реакции. Определение метанола после прохождения пиролизного газа через синтез-реактор первоначально проводилось в филиале федерального бюджетного учреждения «Центр лабораторного анализа и технических измерений по Уральскому федеральному округу» по Тюменской области. Определение метанола проводилось фотометрическим методом, в аккредитованной лаборатории на фотоэлектрокалориметре КФК-3. Газ, прошедший через синтез-реактор, поступал в сосуд с водой, из которого брали пробы для определения в ней концентрации метанола (табл. 2).

Полученные результаты свидетельствуют об эффективном влиянии магнитного поля на выход метанола. Предел значений силы тока и напряжения на соленоидальной катушке обеспечен пределом электросопротивления катушки. Увеличивая силу тока и напряжение на соленоидальной катушке синтез-реактора при наложении электромагнитного поля в присутствии в реакционной массе ферромагнитных частиц и катализатора, увеличили скорость химической реакции и выход метанола [7]. Химия процесса традиционна. Технология метанола в промышленных масштабах известна, производственное, аппаратное оформление его очень громоздко. Крупногабаритные химические реакторы, теплообменники, емкости для смешивания реагентов в присутствии катализатора имеют внушительные размеры. Для мобильной установки, перерабатывающей углеводородные отходы высокотемпературным пиролизом, дополнительный реактор должен быть миниатюризированным. Пользуясь локальными установками, с помощью небольшого синтез-реактора получили результат, позволяющий вовлекать в ресурсооборот образовавшиеся отходы на месте. Это экономичнее, чем традиционные способы обезвреживания или захоронения отходов на полигонах, строительство дорогостоящих мусороперерабатывающих заводов. Для железнодорожного транспорта перспективным является создание таких перерабатывающих комплексов, использующих экологически чистую технологию утилизации и обеспечивающих прибыльность.

Список литературы

1. Бевзюк Е.А. Комментарий к Федеральному закону от 09.02.2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности» (постатейный) / Под ред. С.Ю. Морозова. URL: <http://www.lawmix.ru/commlaw/156>.
2. Князева В.П. Экология. Основы реставрации. – М.: Изд-во: Архитектура-С, 2005. – 400 с.
3. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. – М.: Высшая школа, 1999. – 447 с.
4. Хорошавина Е.А. Комплексные технологии утилизации отработанных минеральных масел и отходов балластного щебня на транспорте: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2004. – 25 с.
5. URL: <http://www.newchemistry.ru/>
6. Коровин И.О. Исследование пиролизной утилизации углеродсодержащих твердых бытовых отходов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Тюмень, 2003. – 23 с.

Таблица 2

Фактический состав концентрации метанола в водном растворе газа полученного после прохождения пиролизного газа через синтез-реактор

№	Концентрация метанола в воде, мг/дм ³	Сила тока, подаваемая на соленоидальную катушку синтез-реактора	Напряжение, подаваемое на соленоидальную катушку синтез-реактора
1	меньше 0,1	синтез-реактор отключен	синтез-реактор отключен
2	3,35	0,95 А	70 В
3	7,4	1,24 А	113 В
4	7,77	1,48 А	121 В
5	14,9	1,87 А	150 В
6	16,7	2,02 А	158 В
7	20,2	2,25 А	169 В

УДК 625.745.6:006.354

СНИЖЕНИЕ АВАРИЙНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ЗА СЧЕТ ЦВЕТНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

REDUCTION IN THE ACCIDENT RATE ON THE ROADS DUE TO THE COLOR OF ASPHALT

Ключевые слова: цветной асфальтобетон, пыль, щебень, битум, термопластик, краска, прочность, плотность.

Keywords: colored asphalt, dust, rubble, asphalt, thermoplastic, paint, strength, density.

Аннотация

В статье рассматривается состав асфальтобетона с использованием отходов черной металлургии, который позволяет осуществлять разделение транспортного потока за счет цветовой гаммы, что в свою очередь приводит к снижению дорожно-транспортных происшествий.

Annotation

the article deals with the composition of asphalt concrete with use of waste products of ferrous metallurgy, which allows separation of traffic flow through the color spectrum, which in turn leads to the reduction of traffic accidents.

Пугин Константин Георгиевич

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет,
доцент, канд. техн. наук, заведующий кафедрой АТМ,
123zzz@rambler.ru

Юшков Владимир Сергеевич

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет,
аспирант каф. АДМ, старший преподаватель
кафедры АТМ, преподаватель ПИЖТ УрГУПС,
vova_84_07@mail.ru

Быстрый рост численности автопарка легковых и грузовых автомобилей за последние годы, а также массовое включение в дорожное движение новых водителей и перевозчиков привели к существенному изменению условий дорожного движения, что оказало негативное влияние на состояние аварийности. Сохраняющаяся сложная обстановка с аварийностью во многом определяется постоянно возрастающей мобильностью населения при имеющемся перераспределении перевозок от общественного транспорта к личному, уве-

личивающейся диспропорцией между приростом числа автомобилей и приростом протяженности улично-дорожной сети, не рассчитанной на современные транспортные потоки.

В работе рассматривается современный способ безопасного движения транспортных средств с использованием цветного асфальтобетона, который является разновидностью горячего асфальтобетона и может иметь разнообразную окраску, в состав которого входят красящие пигменты. Как правило, асфальтобетонная смесь состоит из мелкозернистого щебня (фракция 5...10 мм), гранитной крошки, мраморного песка, известняка. Окрашивание асфальтобетонной смеси производится путем добавления цветного щебня и пигментирующих составляющих. Содержание битума в этом виде дорожного покрытия минимально, потому что он может повлиять на равномерность окрашивания или сделать цвет более темным. Для светлых оттенков асфальтобетона в качестве связующего компонента используют канифоль, светлый битум или кумароновый полимер. Цветной асфальт используют в виде покрытия обычного асфальтобетона толщиной всего 10 мм [2; 3; 4].

Исследованиями цветного асфальтобетона также занимаются в Европейских технических университетах. В Итальянском техническом университете в Сан-Марино учеными Maurizio Boccia, Andrea Grillib, Fabrizio Cardonea, Amedeo Virgilia были проведен ряд опытов по созданию цветного асфальтобетона.

Для изготовления асфальтобетонной смеси был использован в качестве крупного заполнителя диорит (40% совокупного веса), в качестве мелкого ракушечник (52% совокупного веса) и специальный наполнитель (8% совокупного веса), а также связующее (5% от общего веса). В частности, наполнитель, состоящий из 97% CaCO_3 и 0,2% Fe_2O_3 , был получен из мраморного карьера и характеризуется отчетливой белизной. Чтобы подчеркнуть белизну асфальтобетонной смеси дополнительно был использован порошкообразный диоксид титана (1% от общего веса). Связующее было получено с помощью изменения процесса производства битума. Он представляет собой систему последовательных этапов и включает добычу асфальтенов и смешение с полимерами. Асфальтены, отвечающие за черный цвет битума, удаляют, оставляя связующий компонент, который в основном состоит из ароматических углеводородов и смол. Затем смешивают с полимерами, чтобы получить соответствующую консистенцию и механическую устойчивость.

Экспериментальные исследования были направлены на оценку механических, объемных и фотометрических характеристик асфальтобетонной смеси. Было доказано хорошая устойчивость к истиранию, водостойкость и прочностные характеристики полученной асфальтобетонной смеси [6; 7; 8]. Она рекомендована к широкому использованию в туннелях в качестве дорожной разметки.

На кафедре «Автомобили и технологические машины» в Пермском национальном исследовательском политехническом университете были проведены исследования по созданию цветной асфальтобетонной смеси на основе отходов производства черных металлов.

В качестве красящего пигмента была использована пыль системы газоочистки электропечи ДСП-60 завода «Камасталь» г. Перми. Состав пыли, отходящей от печи, состоит из оксидов металлов и силикатов. Пыль газоочистки представляет тонкодисперсный порошок с высокой удельной поверхностью (1,2-2,5 тыс. см²/г) и объемной массой 3,7-4,2 г/см³. Цвет порошка темно-коричневый [1].

В качестве минеральной составляющей был применен песок, щебень и отсев дробления щебня Теплогорского карьера Пермского края при следующем соотношении компонентов, масс. %: щебень – 40,5...45,5; песок – 29,0...30,0; отсев дробления щебня – 15,0...18,5; пыль системы газоочистки электропечи ДСП-60 производства стали 4,0...5,0. Полученная плотность образцов готового цветного асфальтобетона составляет 2,47...2,49 г/см³, а водонасыщение – 3,50...3,55%. Графики зависимостей водонасыщения асфальтобетонной смеси от процентного содержания пыли и прочности асфальтобетонной смеси от процентного содержания пыли при t = 20°C показаны на рис. 1, 2.

В качестве связующего применялся битум БНД 90/130. Содержание битума в смеси 6,5% (сверх 100%); предел прочности при сжатии: при температуре 20° С – 3,44 МПа; при температуре 50° С – 0,93 МПа [5], что соответствует типу Б марки III ГОСТ 9128-97.

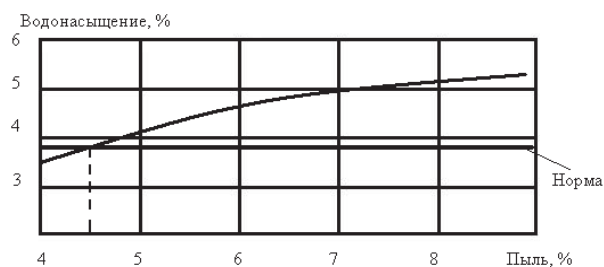


Рис. 1. График зависимости водонасыщения асфальтобетонной смеси от процентного содержания пыли

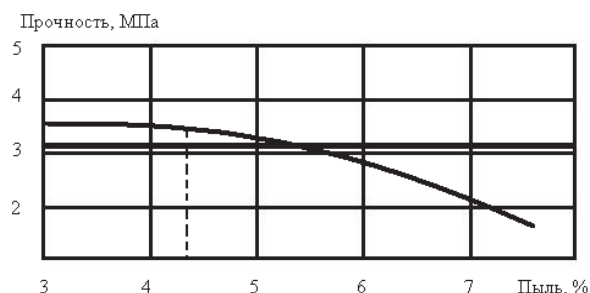


Рис. 2. График зависимости прочности асфальтобетонной смеси от процентного содержания пыли при t = 20°C

Разработанная асфальтобетонная смесь позволяет визуально разделять полосы движения на автомобильной дороге, при этом обладает соответствующей нормативным требованиям прочностью и водостойкостью. Дополнительная эколого-социальная привлекательность представленной технологии заключается в использовании отходов черной металлургии как сырья для создания горизонтальной разметки на автомобильной дороге. При этом снижается негативная нагрузка металлургического предприятия на окружающую среду за счет утилизации отходов производства и исключения их размещения в окружающей среде.

Список литературы

1. Пугин К.Г., Юшков В.С. Использование вторичных материалов для цементобетонных покрытий // Вестник ПНИПУ «Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности». – № 1. – 2013. – С. 144-151.
2. Пугин К.Г., Юшков В.С. Использование твердых отходов черной металлургии в материалах для строительства автомобильных дорог // В мире научных открытий. – № 5 ч. 4. – 2010. – С. 53-57.
3. Пугин К.Г., Юшков В.С. Строительство автомобильных дорог с использованием техногенных материалов // Вестник ПГТУ «Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности». – № 1. – 2011. – С. 35-43.
4. Пугин К.Г., Юшков В.С. Отходы черной металлургии для дорожных одежд жесткого типа // Молодой ученый. – 2012. – № 6. – С. 45-49.
5. Юшков В.С., Пугин К.Г., Юшков В.С. Применение цветного асфальтобетона на основе отходов металлургии в качестве дорожной разметки // Вестник ПГТУ «Урбанистика». – 2011. – № 1. – С. 68-73.
6. Lee H. and Kim Y. (2007). Laboratory Evaluation of Color Polymer Concrete Pavement with Synthetic Resin Binder for Exclusive Bus Lanes. Transportation Research Record 1991, 124-132.
7. Synnefa A., Karlessi T., Gaitani N., Santamouris M., Assimakopoulos D.N. and Papakatsikas C. (2011). Experimental testing of cool colored thin layer asphalt and estimation of its potential to improve the urban microclimate. Building and Environment vol.46, 38-44.
8. Partal P., Martinez-Boza F.J., Conde B. and Gallegos C. (1999). Rheological characterization of synthetic binders and unmodified bitumens. Fuel 78, 1-10.

УДК 621.311:343.14

ПРИОРИТЕТ СПЕЦИАЛИСТА ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АВАРИЙ

PRIORITY UNDER INVESTIGATION SPECIALIST TECHNOLOGICAL ACCIDENTS

Ключевые слова: экспертиза, специальные знания, специалист, уголовный процесс, заключение, технологическая авария.

Keywords: expertise, expertise, specialist criminal trial, imprisonment, technological accident.

Аннотация

Предлагается использование знаний специ-

алиста в специфических вопросах при расследовании технологических аварий. Проанализованы технические и юридические аспекты применения знаний специалиста при проведении электротехнической экспертизы. Представлены суждения по вопросу судебной и внесудебной электротехнической экспертизы, которые позволяют предложить не только эксперту, но и специалисту проводить экспериментальные исследования для последующего более полного заключения по поставленным судом вопросам. Иными словами – заключение специалиста должно иметь доказательственное значение.

Annotation

Proposes the use of specialist knowledge in the specific issues in the investigation of technological accidents. Were analyzed the technical and legal aspects of specialist knowledge in conducting electrical expertise. Presented judgment on judicial and extrajudicial electrical expertise, which allows us to offer not only an expert, but also skilled undertake pilot studies to follow a more complete opinion on the issues posed by the court. In other words - the conclusion of the expert must have probative value.

Чарыков Александр Викторович

Уральская государственная юридическая академия, аспирант,
тел. 89193853932; charykov89@mail.ru

Электротехническая экспертиза представляет собой отрасль знания, основывающуюся на данных науки и техники в области электрических и магнитных явлений.

Объектом независимой электротехнической экспертизы являются электрооборудование и электроприборы производственного и бытового назначения, а также воздушные и кабельные линии, электропроводка, светотехнические и электротехнические изделия.

Основной задачей специалистов-электротехников является анализ работы электрических сетей различных помещений, а также определение причастности к тем или иным технологическим сбоям при работе электричества, исследование типов электрических кабелей, проводов и шнуров.

Экспертиза призвана, в том числе, установить причастность к техническим сбоям в работе электричества, авариям и пожарам. Независимая электротехническая экспертиза выявляет и исследует главные признаки аварии, устанавливает правильность монтажа электрооборудования, контролирует его правильное применение и соблюдение техники безопасности.

Рассмотрим, что собой представляет экспертиза электрооборудования. Независимая экспертиза электрооборудования занимается выявлением факта неисправности и причины выхода из строя электрооборудования, проверки безопасности его эксплуатации, соответствия техническим характеристикам и нормативным документам.

Электротехническая экспертиза электрооборудования включает в себя его всестороннее детальное обследование с использованием специальных приборов и инструментов, выявление вышедших из строя деталей, определение возможных причин их выхода из строя, составление экспертного заключения о причинах возникших неполадок.

Независимая электротехническая экспертиза необходима в случаях зарождения разногласий между конечным потребителем и другой стороной в определении причины неполадки и неисправности.

Заключение независимой экспертизы, выдаваемое заказчику, имеет статус официального документа доказательного значения и может быть использовано в суде.

Судебной экспертизой называют проведение исследования по вопросам, поставленным перед экспертом судом, судьей, следователем, дознанием, разрешение которых требует применения специальных знаний. При этом документ, отражающий ход и результаты проведенного экспертом исследования, называют также заключением эксперта.

Если по какому-либо делу имеется заключение эксперта, назначенного судом, то заключение внесудебного эксперта рекомендуется именовать заключением специалиста, т.к. только это наименование закреплено законодательством – ст. 80 Уголовно-процессуального кодекса РФ.

Специалист, у которого имеются необходимые специальные знания в требуемой области, сможет провести полноценную проверку представленного заключения, проверит верность выбора и применения методов и методик исследования, точность расчетов, укажет на наличие ошибок, противоречий, разночтений, а также произведет анализ полноты, всесторонности, объективности и научности проведенного экспертом исследования.

Следует отметить, что именно заключение специалиста может убедить суд, не обладающий специальными знаниями, в неверности проведенного экспертом исследования. Данное обстоятельство, как правило, приводит к назначению судом повторной судебной экспертизы или на основании заключения специалиста вынесения решения по делу.

Использование специальных знаний признается довольно полезной практикой, т.к. таким путем можно повысить качество проводимых экспертиз, сократить число экспертных ошибок или умышленных упущений, а значит, и сократить число ошибочно вынесенных решений суда по административным, гражданским, арбитражным и даже уголовным делам.

В законе отсутствует критерий, разграничивающий специальные и неспециальные знания, и это вызывает определенные трудности. А.А. Эйман определял специальные знания как «не общеизвестные, не общедоступные, не имеющие

массового распространения» [1].

Специальные знания – это комплекс знаний, полученный лицом в результате специального профессионального образования и опыта, подтвержденный соответствующими документами[2].

Понятие «специальные познания» появилось в уголовном процессе, когда для разрешения вопросов, касающихся обнаружения, выявления, изъятия, закрепления, исследования и оценки доказательств стали приглашать лиц, обладающих знаниями в области науки, техники, искусства или ремесла.

Очевидно, что под специальными знаниями следует понимать не просто сумму знаний из области электротехники, а знания, обладая которыми специалист должен дать квалифицированные ответы на поставленные перед ним вопросы. З.М. Соколовский, полагая, что «основным признаком является вид профессиональной подготовки, в рамках которой получают сведения», относит к существенным признакам специальных знаний их объективный характер, нетождественность знаниям конкретных лиц, «историческую подвижность» границ, изменяющихся с изменением объема понятия «специальное образование».

Специфическая черта специальных знаний – их отличие от знаний житейских, обыденных. Решая проблему разграничения обыденного и специального знания применительно к знаниям эксперта-электрика, мы считаем целесообразным исходить из современного представления об особенностях научных знаний и предлагаем собственное понимание этого вопроса.

Рассмотрим пример привлечения специалиста в гражданском процессе. Именно здесь можно со всей очевидностью наблюдать проявление принципа состязательности. Согласно действующему ГПК РФ, специалист привлекается к участию в гражданском судопроизводстве не только непосредственно судом, но и представителями сторон. В соответствии со ст.188 ГПК РФ [3] суд привлекает специалиста для дачи консультаций. Разъяснения специалиста оформляются в виде заключения, которое, как мы считаем, может иметь доказательственное значение.

В некоторой организации выходит из строя вся офисная техника (компьютеры, принтеры и др.), а также электрооборудование ремонтно-механического цеха. Причина, согласно заключению эксперта, представленному стороной ответчика, состоит в выходе из строя силового трансформатора.

Далее приведем заключение эксперта: «... в обмотке высокого напряжения фазы “В” <...>, произошло короткое замыкание, в результате которого увеличилось значение тока, протекающего по обмотке, вызвавшее ее повреждение. Вследствие этого увеличился ток, протекающий в обмотке низкого напряжения фазы “В”, и соответственно увеличилось напряжение на выводах этой

обмотки трансформатора, что привело к “перекосу” напряжения в обмотках низкого напряжения фазы “А” и “С”».

Теперь приведем заключение специалиста, представленное стороной истца и представляющее собой исследование как самого содержания заключения эксперта, так и рассматриваемой им ситуации.

«Вышеизложенное явление (“перекос” фаз) возможно только в том случае, если на вводе (!) в помещение, где установлено вышедшее из строя оборудование “отгорел” (нет контакта, плохой контакт) нулевой провод. Однако причина потери (отсутствия) “нуля” не установлена.

Перекас фаз также возможен из-за несоответствия величины сопротивления контура заземления на данном предприятии (4 Ом, ПУЭ).

Данная ситуация возникла еще и потому, что не сработал предохранитель с высокой стороны на фазе “В”.

Следует также более детально изучить вопрос, а что произошло раньше: обрыв или короткое замыкание. Согласно заключению эксперта, сначала произошел обрыв. В этом случае, при условии равномерной нагрузки (вопрос не изучался!) и схеме соединения “звезда-звезда” с нулевым проводом, перекаса фаз на низкой стороне не было бы. Трехфазную нагрузку должна была отключить “защита”.

Если же сначала произошло витковое замыкание в обмотке фазы “В”, то должен сработать предохранитель с высокой стороны.

Полагаю, что для установления причины создавшейся ситуации целесообразно провести моделирование последней в условиях независимой лаборатории».

Проведенной дополнительной экспертизой истина была установлена.

Из приведенного примера можно сделать вывод, что несогласие специалиста с заключением эксперта дало возможность суду принять решение о проведении дополнительной экспертизы и, как следствие, установить виновника аварии. Другими словами – заключение специалиста имело доказательственное значение и помогло суду определиться с решением по данному делу.

Список литературы

1. Эйсмэн А.А. Заключение эксперта. – М.: Юридич. лит-ра. – 1971. – С. 164.
2. Криминалистика: Учебник для вузов / Под ред. Р.С. Белкина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юридич. литература, 2003. – С.399.
3. Гражданский процессуальный кодекс Российской Федерации от 14.11.2002 № 138-ФЗ // Российская газета. – 2002. – 20 ноября.
4. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18.12.2001 N 174-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // СПС «Консультант Плюс».

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДОРОЖНОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РАЗМЕТКИ И ВИБРОПОЛОСА КАК ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

DURABILITY HORIZONTAL ROAD MARKING AND VIBROPULSE AS A TECHNICAL MEANS OF ENSURING THE SAFETY OF ROAD TRAFFIC

Ключевые слова: дорожная разметка, аварийность, виброполоса, автомобильная дорога, водитель, транспортное средство.

Keywords: road markings, accidents, vibropulse, the highway, the driver of the vehicle.

Аннотация

В статье рассматриваются преимущества и износостойкость горизонтальной дорожной разметки, нанесенной с помощью краски для обеспечения безопасности дорожного движения. Показана виброполоса как современное техническое средство снижения аварийности на автомобильных дорогах.

Annotation

the article considers the advantages and wear resistance horizontal road markings are applied with paint to ensure road safety. Shows vibropulse, as the modern technical means of reducing the accident rate on the roads.

Юшков Владимир Сергеевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, аспирант каф. АДМ, старший преподаватель кафедры АТМ, преподаватель ПИЖТ УрГУПС, vova_84_07@mail.ru

Юшков Борис Семенович

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, профессор, канд. техн. наук, заведующий кафедрой АДМ

В большинстве стран аварийность на автомобильном транспорте превратилась в одну из важнейших социально-экономических проблем. Не случайно положение с безопасностью дорожного движения Организация Объединенных Наций характеризует как глобальный кризис. По данным Всемирного Банка, ежегодный экономический ущерб превышает 500 млрд долларов [9]. В настоящее время Россия переживает период бур-

ной автомобилизации. Стремительно растет число автомобилей, повышается интенсивность транспортных потоков, меняются традиционные понятия о мобильности человека, о транспортной доступности территорий. По основным показателям аварийности Российская Федерация входит в группу стран с ухудшающейся ситуацией.

Среди технических средств организации дорожного движения разметка дороги занимает особое место. Основными преимуществами дорожной разметки над дорожными знаками, светофорами, направляющими устройствами являются следующие [3; 4]: дорожная разметка практически постоянно находится в поле зрения водителей, что позволяет оперативно воспринимать информацию и реагировать на неё; дорожная разметка позволяет с высокой точностью обозначить границы допустимого или запрещенного манёвра, действия как водителей, так и пешеходов.

Правильный выбор материалов для разметки в зависимости от условий их эксплуатации является наиболее эффективным способом повышения долговечности и уменьшения аварийности на дорогах.

Для выполнения данной работы и исследований был выбран полигон, были проведены наблюдения по определению интенсивности и состава движения транспортных средств. Эксперимент проводился с применением разметочной машины, которая имеется на кафедре «Автомобильные дороги и мосты» ПНИПУ (рис. 1).



Рис. 1. Разметочная машина

Условия движения на участке нанесения разметки существенным образом влияют на скорость износа разметки, которая зависит от интенсивности движения. Так, в результате экспериментов была выведена следующая зависимость [2]:

$$И = N^4,$$

где И – износ разметки; N – нагрузка на ось автомобиля.

Испытания показали, что износостойкость лакокрасочных материалов резко уменьшается при эксплуатации в условиях зимнего периода, причем особенно сильное понижение происходит при колебаниях от положительных температур к отрицательным и наоборот.

Износостойкость обуславливается рядом факторов: структурно-реологическими и деформативными свойствами разметочного материала; деформативными свойствами асфальтобетонного покрытия; взаимодействием разметочного материала с материалом покрытия автодороги (адгезией к покрытию); влиянием климатических условий, особенно воздействием переменных температур (от положительных к отрицательным и наоборот); присутствием замерзающей и оттаивающей в порах материалов воды; величиной эксплуатационной нагрузки.

Другим способом определения степени износа горизонтальной дорожной разметки является цифровой снимок. Задается точность деления областей разметки и покрытия путем выбора градации серого цвета, с которым будут сравниваться точки разметки при подсчете степени износа. Чем больше выбрано значение (белее цвет), тем больше значение износа. На фотоснимке выделяется область анализа разметки.

Степень износа разметки определяется автоматически как отношение количества точек, попавших в заданную область яркости разметки, к общему количеству точек выделенной области:

$$k = B / T \cdot 100\%,$$

где B – количество точек, цвет которых не соответствует разметке; T – общее количество точек выделенной области.

Для точного задания контура линии разметки удобнее пользоваться шаблоном (рис. 2).



Рис. 2. Съемка участка линии разметки с шаблоном

Коэффициенты температурного расширения и сжатия (деформативные свойства) разметочных материалов, как и их износостойкость, определяются, главным образом, влиянием полимера – связующего в рецептуре материала, тогда как для асфальтобетона они зависят в основном от наполнителя. Поэтому деформативные свойства этих материалов всегда будут разными.

Очень прочное сцепление (высокая адгезия) между такими продуктами, как краски дорожной разметки и самим дорожным покрытием, в усло-

виях температурных колебаний из-за разницы в деформативных свойствах приводит к трещинам, нарушению сплошности и разрушению разметки.

Срок службы разметки T (мес.) на автомобильной дороге с конкретной интенсивностью движения транспортных средств определяется по формуле:

$$T = \frac{\alpha \cdot l \cdot H}{30N},$$

где α – переходный коэффициент стэнд/автодорога, $b = 450$; l – износостойкость на стенде, прох./мкм; H – толщина слоя, мкм; N – интенсивность движения, авт./сут.

В соответствии с **ГОСТом Р 5256-99 разметка**, выполненная термопластиком, холодным пластиком и подобными материалами должна служить не менее одного года, а **лакокрасочными материалами** – не менее 6 месяцев.

Сотрудниками кафедры АДМ ПНИПУ после проведенных экспериментов была установлена средняя норма расхода разметочного материала приведенная в табл. 1.

На практике была применена краска АК-539, которая представляет собой суспензию пигмента и наполнителей в растворе акрилового сополимера в толуоле с введением целевых добавок. Работа по разметке дороги проводилась в сухую погоду при температуре от $+19^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 65%.

Не допускалось нанесение краски на промерзшую, мокрую и пропитанную водой проезжую часть автомобильных дорог. Время высыхания покрытия составило 15 мин, толщина слоя 0,4-0,6 мм. Норма расхода краски 0,6-0,8 кг/м². Однако данная краска имеет повышенную износостойкость и применяется для краевых полос и дорог с малой интенсивностью.

В настоящее время применяют краску АК-503 «Колор-М», предназначенную для разметки дорожных покрытий. Она наносится специальными разметочными машинами (безвоздушным и воздушным способами), а также вручную с помощью валика, кисти или пистолета на предварительно очищенное дорожное полотно с асфальтобетонным покрытием при температуре не ниже $+5^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха не более 85%.

Коэффициент световозвращения разметки R_L , мкдЧлк⁻¹ч м⁻², рассчитывают по формуле:

$$R_L = L/E,$$

где L – яркость измеряемой поверхности образца дорожной разметки в условиях освещения и наблюдения, мкдЧм⁻²; E – освещенность изме-

Таблица 1

Средняя норма расхода разметочного материала

Материал	Плотность материала, г/см ³	Толщина слоя, мм	Средний расход, кг/м ²
Краска	1,5	0,3-0,35	0,45-0,52
Термопластик	2,0	3,5-4,0	7-8
Холодный пластик	2,5	2,0-2,5	5-6

ряемой поверхности образца дорожной разметки в плоскости, перпендикулярной направлению падающего света, лк.

Для повышения видимости разметки в темное время суток, дождливую и пасмурную погоду сотрудники кафедры САД применили стеклянные микрошарики ШСО-250. Микрошарики наносили распылителем на свеженанесенную разметку (не позднее 10 с), можно посыпанием вручную. Оптимальным является их заглубление на 50% в разметку.

Наряду с красками широкое распространение для разметки дорог получили спрейпластики. Этот вид материалов не содержит растворителей, а необходимые для нанесения разметки текучие свойства приобретаются в результате плавления при температуре 150-220°C. Их преимущество перед красками состоит в том, что толщина наносимого слоя увеличивается до 1,5-5,0 мм, но срок их службы одна зима. Это связано с тем, что снегоборочная техника зимой их снимает.

В наших климатических условиях наиболее распространенным материалом для маркировки дорожных покрытий является краска. Маркировочная краска представляет собой комплексный состав, основными компонентами которого являются наполнитель, пигмент, связующее вещество и растворитель.

Результаты экспериментальных исследований на полигоне разметочных материалов не только способствуют повышению безопасности движения на дорогах, но и служат составлению технического регламента проведения разметочных работ на территории Пермского края с учетом климатических условий.

Наличие разметки на проезжей части, а также указателей и знаков дисциплинируют поведение и облегчают работу водителей-дальнобойщиков. В связи с тем, что расстояния между городами в нашей стране большие, многим водителям часто приходится совершать длительные переезды. Особенно водители большегрузного транспорта стремятся скорее доехать до пункта назначения и часто управляют автомобилями в состоянии сильной усталости. Это приводит к засыпанию за рулем и, как следствие, к выезду в кювет или на встречную полосу. Для предотвращения съезда автомобиля с дороги нами разрабатываются методы снижения аварийности на дорогах с помощью устройства разметки, которая будит водителя.

Одним из способов снижения аварийности дорожного движения является применение виброполосы сплошной продольной разметки.

Этот оригинальный метод заключается в устройстве выемок глубиной до 50 мм, шириной от 100 до 150 мм и длиной от 200 до 350 мм вдоль дороги (рис. 3). Также предусматривается покраска данной виброполосы. Данный размер выемок был получен экспериментально и является наиболее подходящим для снижения аварийности на

автомобильных дорогах [1; 5; 6].

Как только колесо грузовой или легковой машины, даже частично, попадает на такую полосу, в салоне раздается резкий неприятный звук. Главная задача «виброполос» – разбудить засыпающих водителей или привлечь внимание отвлекшихся. В зимних условиях такие полосы должны ощущаться даже через снег и лед. При нанесении виброполосы необходимо использовать краску, что повысит видимость разметки с проезжей части [7; 8].

На начальном этапе исследований мы провели эксперимент действия «виброполос» на отдельно взятом участке дороги «Гайва – Сосновый бор». Для этого выбрали шоссе и выполнили данный тип разметки на прогоне протяженностью 400 м.



Рис. 3. Виброполоса

Результаты исследований показали, что наиболее эффективной является применение краски «Колор – М», т.к. ее стойкость к истираемости от интенсивности движения автотранспорта выше, чем у др. красок. Применение виброполос приводит к повышению безопасности движения.

Безопасность дорожного движения формирует основы социальной стабильности, а также является одним из важнейших факторов качества жизни населения. Обеспечение безопасности дорожного движения является одной из форм реализации единой государственной политики в области охраны жизни, здоровья и имущества граждан путем предупреждения дорожно-транспортных происшествий, снижения тяжести их последствий. Данное направление деятельности человечества имеет огромное социальное и экономическое значение.

Список литературы

1. Кычкин В.И., Юшков В.С. Математическая модель создания некомфортных условий при движении автомобиля по виброполосе // *Инновации в науке*. – Новосибирск, 2012. – Ч. I. – С. 73-80.
2. *Новости в дорожном деле: Научно-технический информационный сборник / ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР»*. – М., 2007. – Вып. 2. – 60 с.
3. Юшков В.С., Кычкин В.И., Юшков В.С. Воздействие виброполосы на человека-оператора при движении автомобиля // *Наука и техника в дорожной отрасли*. – № 1. – 2013. – С. 21-23.
4. Юшков В.С. Исследование влияния виброполосы на автомобиль с помощью математической модели // *Техника и технология*. – 2012. – № 5. – С. 29-33.
5. Юшков В.С., Юшков В.С., Кычкин В.И. Конструктивные особенности виброполосы в качестве дорожной разметки // *Народное хозяйство. Вопросы инновационного развития*. – 2012. – №2. – С. 71-75.
6. Юшков В.С. Характеристики виброполос с целью по-

вышения безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах // Молодой ученый. – 2012. – № 9. – С. 39-41.

7. Юшков В.С. Виброполоса-инновационное техническое средство обеспечения безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах РФ // Молодой ученый. – 2014. – № 3. – Ч. III. – С. 367-369.

8. Юшков В.С., Кычкин В.И., Бармин Н.Д. Виброполоса – функциональная особенность дороги // Технические науки – от теории к практике. – 2014. – № 2(27). – С. 110-114.

9. Jushkov B.S., Jushkov W.S., Kychkin W.I. Vibrating strip and dynamic identification deformation condition of the road design // Materials of the II International research and practice conference Vol. I Munich, Germany 2012. – P. 170-175.

УДК 625.3, 625.03

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛИТНОГО ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

APPLICATION OF THE SLABBY SUPERSTRUCTURE IN THE RAILWAYS TRANSPORT

Ключевые слова: плитное верхнее строение пути, шпальное верхнее строение пути, моделирование, просадки.

Keywords: slabby superstructure, ties superstructure, simulation, pocket.

Аннотация

Предложен вариант повышения равножесткости пути с помощью плитного верхнего строения. Проведено моделирование движения поезда по плитному верхнему строению пути. Сопоставлены значения просадок на плитном и шпальном ВСП.

Annotation

A variant of the increase elastic properties of track through the upper slabby superstructure. The simulation of the train on the slabby superstructure. Subsidence values compared to slabby and ties superstructure.

Аккерман Геннадий Львович

Уральский государственный университет путей сообщения, профессор, д-р техн. наук, заведующий кафедрой «Путь и железнодорожное строительство», тел. (343) 221-24-13

Скутин Дмитрий Александрович

Уральский государственный университет путей сообщения, аспирант кафедры «Путь и железнодорожное строительство», тел. (343) 221-24-03; Daskutin@mail.ru

Отечественный и зарубежный опыт конструирования и эксплуатации железнодорожного пути свидетельствуют, что требования к малообслуживаемой конструкции верхнего строения пути должны базироваться на современных понятиях обеспечения его прочности и надежности.

Большинство успехов, достигнутых в этом направлении, обусловлены в основном увеличением погонной массы рельсов, густотой расположения шпал и толщиной слоя щебня под шпалами.

Многолетний опыт эксплуатации железнодорожных путей показывает, что увеличение погонной массы рельсов сверх 65 кг/м нецелесообразно. Нет возможности и увеличения густоты расположения шпал сверх 2000 шт./км. Толщина слоя щебня под шпалами на железных дорогах России зачастую уже достигла 1 м и более.

Путь со шпалами из любого материала характеризуется наличием множества отдельных подрельсовых опор, равножесткость которых невозможно обеспечить, и загрязняемостью балластного слоя, не прикрытого от попадания засорителей. В связи с необходимостью периодически восстанавливать дренажные свойства балласта, производить выправочные работы, своевременно заменять вышедшие детали и элементы верхнего строения требуется систематически ремонтировать путь и выполнять работы по текущему содержанию. На линиях с высокой грузонапряженностью объем такого рода работ существенно увеличивается, а производительность труда резко снижается из-за высокой интенсивности движения поездов.

Одним из перспективных направлений является устройство плитного верхнего строения пути. В настоящее время компанией «ИМЭТСТРОЙ» разработана конструкторская документация по плитному верхнему строению пути.

Предлагаемая плита является развитием ранее испытанных плоских конструкций: верхняя часть имеет уклоны от оси пути для обеспечения самоочищения, на нижней поверхности, по оси плиты, имеется выемка, обеспечивающая передачу нагрузки на балласт именно подрельсовыми поверхностями плиты. Длина плиты с упругим элементом выбрана из соображений кратности: три плиты на один рельс длиной 12,5 м, что позволяет сохранить положение стыков рельсов посередине плиты.

Между собой плиты соединяются канатами. Канат, применяемый для стягивания плит, однопрядевый из семи проволок, имеет защитную полиэтиленовую оболочку, заполненную консервирующей консистентной смазкой. Канат прокладывается в каналах, имеющихся в теле плит, и закрепляется в натянутом состоянии клиновыми анкерами, размещенными в «карманах» соединительных плит, в которых каналы имеют выход на поверхность.

Для оценки эффективности применения плитного верхнего строения железнодорожного пути было проведено моделирование движения поезда по участку железнодорожной насыпи. Моделирование проводилось в программных комплексах «Универсальный механизм» и «PLAXIS». Для оценки воздействия поездной нагрузки рассматривался участок насыпи протяженностью 50 м, насыпь была сложена из сыпесей. По участку было пропущено 2 четырехосных грузовых вагонов с осевой нагрузкой 25 тонн на ось. Схемы

приложения нагрузки показаны на рис. 1 и 2.

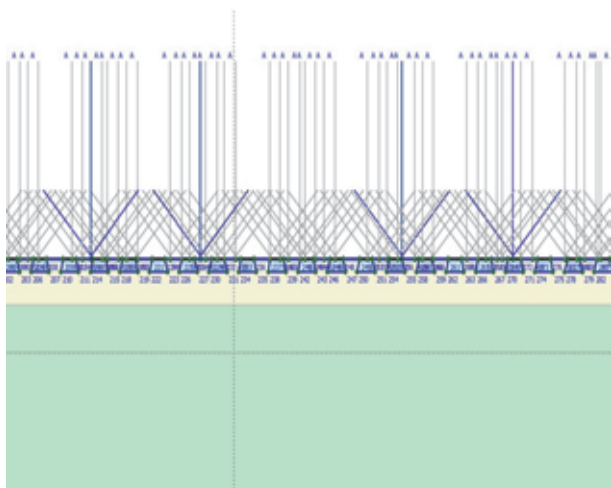


Рис.1. Схема приложения сил на шпальном ВСП

В ходе численного эксперимента сравнивались данные, полученные на участке пути с верхним строением, представленным железобетонными шпалами и рельсами Р65, и участок с плитным строением и рельсами Р65. В моделировании оценивалась величина максимальной осадки от приложения поездной нагрузки.

По результатам моделирования были построены графики зависимости просадок грунтового массива от положения первой колесной пары (рис.3). Для анализа эффективности применения плитного ВСП были исключены данные, полученные на концевых участках. На графике зависимо-

сти просадок в зависимости от положения первой колесной пары заметны скачки просадок, что может свидетельствовать о неравножесткости верхнего строения пути, тогда как значения просадок на плитном строении постоянны.

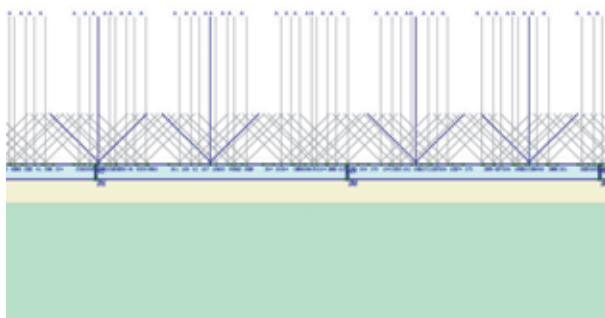


Рис.2. Схема приложения сил на плитном ВСП

По полученным данным можно сделать выводы, что применение плитного верхнего строения позволяет увеличить равножесткость пути по сравнению с шпальным верхним строением, также плитное ВСП позволяет снизить величины просадок в 2,9 по сравнению с обычным.

Список литературы

1. Скутин А.И., Скутин Д.А., Табынщиков А.И. Повышение устойчивости слабых грунтов // Эксперт РСП. – 2012. – №8. – С.16-18.
2. Скутин А.И., Скутин Д.А., Табынщиков А.И. Применение геосинтетических материалов в земляном полотне // Эксперт РСП. – 2014. – №2. – 14-16 с.

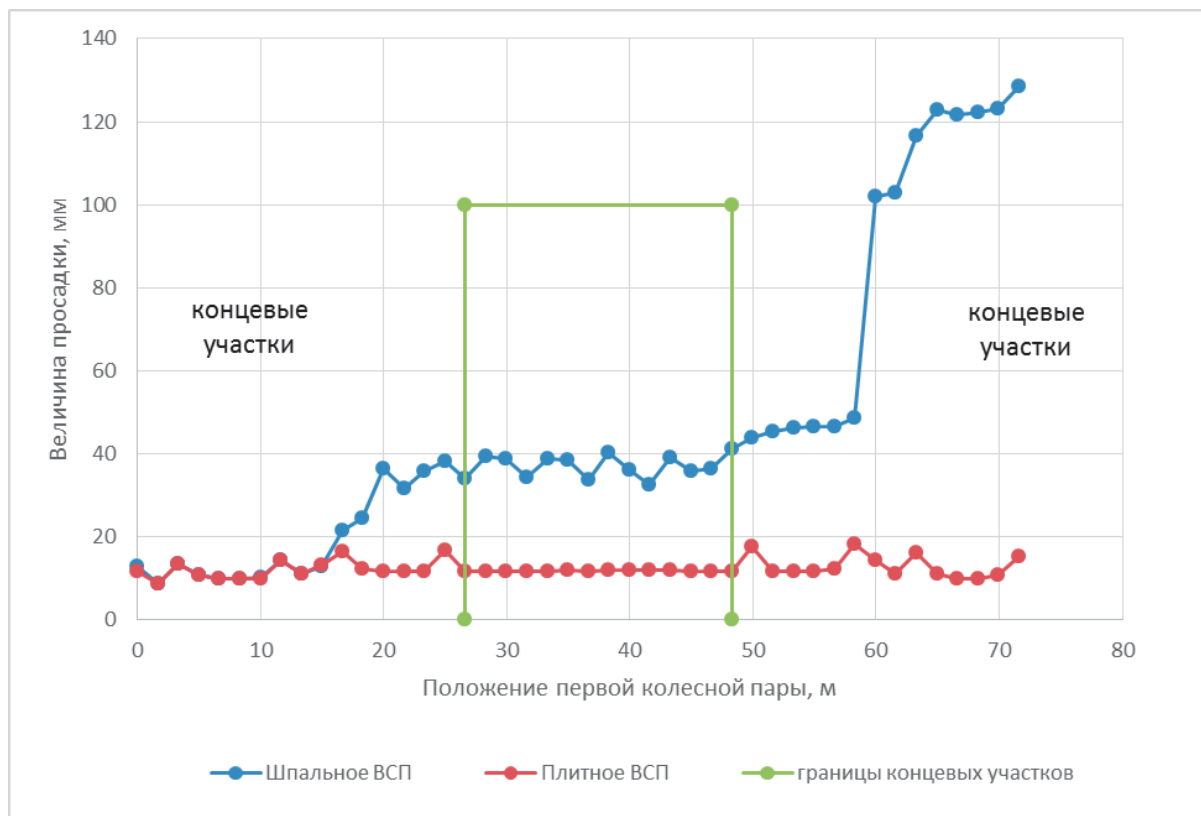


Рис.3. График зависимости просадок в зависимости от положения первой колесной пары

МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ БЕССТЫКОВОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ

SUPERVISION OF STATE OF TENSION WELDED RAILWAY TRACK

Ключевые слова: бесстыковой железнодорожный путь, радиометка, сжатие изгиб, напряженное состояние.

Keywords: welded railway track, RFID tag, compression, flexion, state of tension.

Аннотация

Предложено испытание радиометки для мониторинга напряженного состояния бесстыкового пути.

Annotation

RFID tag are used for supervision of state of tension welded railway track.

Аккерман Геннадий Львович

Уральский государственный университет путей сообщения,
профессор, д-р техн. наук, заведующий кафедрой
«Путь и железнодорожное строительство»,
тел. (343) 221-24-13

Скутина Мария Александровна

Уральский государственный университет путей сообщения, студент,
тел. (343) 221-24-03;
skutina_m_a@mail.ru

Чернушевич Таисия Константиновна

Уральский государственный университет путей сообщения, студент,
taisia.tchernushewitch@yandex.ru

Мониторинг напряженного состояния бесстыкового пути необходим для определения состояния пути и прогнозирования его работы под колесами экипажей, от чего зависит оценка безопасности, плавности и бесперебойности движения поездов.

Вначале основой мониторинга была система визуального контроля. Затем для поиска дефектов материала стали использовать различные приборы – от ручных до вагонов-дефектоскопов. Сегодня средняя выявляемость остродефектных рельсов – 7,4 на 1000 км в год.

Мониторинг геометрии пути выполняется при помощи широкого спектра инструментов – вплоть до вагонов-путеизмерителей. Например, динамический комплекс «Интеграл» позволяет контролировать более 100 параметров – от геометрии пути до габаритов. Для прогноза технического состояния пути используют базу данных автоматизированной системы управления (АСУ-П), а в перспек-

тиве будет применяться единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой (ЕКАСУИ).

В практике железных дорог используются две конструкции пути: бесстыковой и звеньевой. В России конструкция бесстыкового пути характеризуется следующими параметрами: рельсы Р-65 термически упрочненные, шпалы железобетонные предварительно напряженные брускового типа, эпюра шпал на путях 1-4 классов в прямых участках и кривых радиусом более 1200 м-1840 шт./км, на кривых меньших радиусов и на затяжных спусках круче 12 ‰ – 2000 шт./км, на станционных путях и путях 5-го класса – 1400-1600 шт./км. Скрепления КБ, АРС и ЖБР. Балласт щебеночный фракции 25–60 мм, толщина щебня под шпалой 15–40 см, крутизна откосов 1:1,5, плечо балластной призмы со стороны наружной нити 40–45 см. Земляное полотно устойчивое и прочное, пучины менее 10 мм; такие деформации, как просадки, сплывы, оползания откосов насыпей, не допускаются; крутизна элементов продольного профиля не ограничивается. Длина рельсовых плетей обычно не менее 800 м или длины блок-участка, на участках с высокопрочными изолирующими стыками или с устройством счета осей с тональными рельсовыми цепями они имеют длину до перегона.

На взаимодействие колеса и рельса оказывают влияние такие факторы, как макрогеометрия пути, конструкция пути, его боковая и вертикальная жесткость, микрогеометрия пути, неравенство коэффициента трения на правой и левой нитках рельсовой колеи, отступления в конструкции экипажей (прежде всего, в геометрии колесных пар, характеристике рессорного подвешивания), режимы движения поезда (торможение, выбег, тяга и их сочетания) нагрузка на ось, ее равномерность на оси вагона, скорость движения экипажа, погодные условия. Важен режим ведения поезда. В поезде в режиме торможения при значительных продольно-сжимающих силах вагоны могут принимать перекосное положение «елочкой». Как следствие, возникают большие поперечные силы, которые при неблагоприятном взаимодействии с другими факторами могут привести к сдвигу рельсошпальной решетки.

Существующие методы мониторинга пути позволяют оценить температурное напряженное состояние бесстыкового пути – через отклонение его температуры от расчетной, хотя на это состояние, как уже указывалось, влияет большое количество факторов.

Температуру рельсов измеряют специальными термометрами, летом – при прогнозировании наивысших температур, зимой – в случае падения температуры на 60°C и более от температуры закрепления рельсов.

Температурный стенд обычно представляет собой кусок рельса, в высверленное отверстие которого вставлен обычный или электронный

термометр. Данные с термометра снимают каждые 2 ч.

Кафедра «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС) уже более 10 лет работает над системой мониторинга, которая была бы лишена вышеперечисленных недостатков. В частности, для прямого замера напряженного состояния бесстыкового пути была предложена так называемая радиометка.

Схематично радиометка – это конусообразная трубка, выполненная из рельсовой стали (коэффициент линейного расширения $\alpha = 0,0000118$), внутри трубки находится перегородка, на которую наклеены два тензодатчика. Температурный датчик наклеен по периметру на внутреннюю стенку трубки. С обоих концов трубка герметично закрыта. Радиометка вставляется в предварительно рассверленное по нейтральной линии рельса конусообразное отверстие. Со стороны меньшего диаметра она закрепляется в рельсе гайкой. От радиометки специальные провода выходят в коробку с электронной схемой, которая крепится на шпале [1].

Позже сотрудниками кафедры «Путь и железнодорожное строительство» Уральского государственного университета путей сообщения была предложена аналогичная радиометка. Данная радиометка представляет собой конус, в который наклеены два датчика-тензорезистора. После данный конус был вставлен в отверстие, сделанное в участке рельса. Были проведены испытания на сжатие в вертикальном и горизонтальном положении. После аналогичные датчики-тензорезисторы были наклеены непосредственно на расстояние от датчика, и проведены такие же испытания.

Испытания были проведены при помощи оборудования Testometric. На протяжении 3–4 минут на рельс постоянно подавалась нагрузка, после чего он разгружался. Данные были обработаны с помощью программного комплекса Catman. Был посчитан тарировочный коэффициент, при помощи которого построены зависимости напряжений от времени.



Рис. 1. Датчики, закрепленные в радиометке

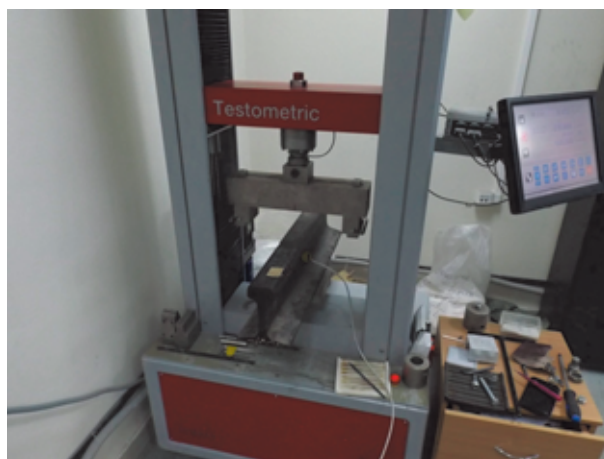


Рис. 2. Испытательная установка



Рис. 3. Датчики расположены в шейке рельса

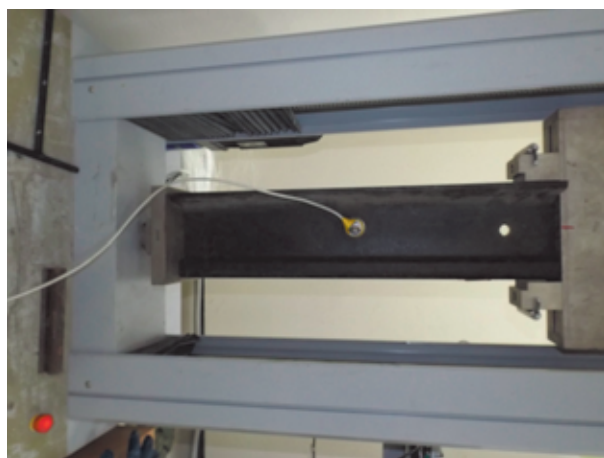


Рис. 4. Испытание участка рельса на сжатие

После был посчитан переводной коэффициент:

$$K = \frac{\sum \sigma_k}{\sum \sigma_p}$$

Для рельса, испытывающего сжатие:

$$K = \frac{\sum \sigma_k}{\sum \sigma_p} = \frac{111790}{112772} = 0,99$$

Для рельса, испытывающего изгиб:

$$K = \frac{\sum \sigma_k}{\sum \sigma_p} = \frac{216029}{491097} = 0,44$$

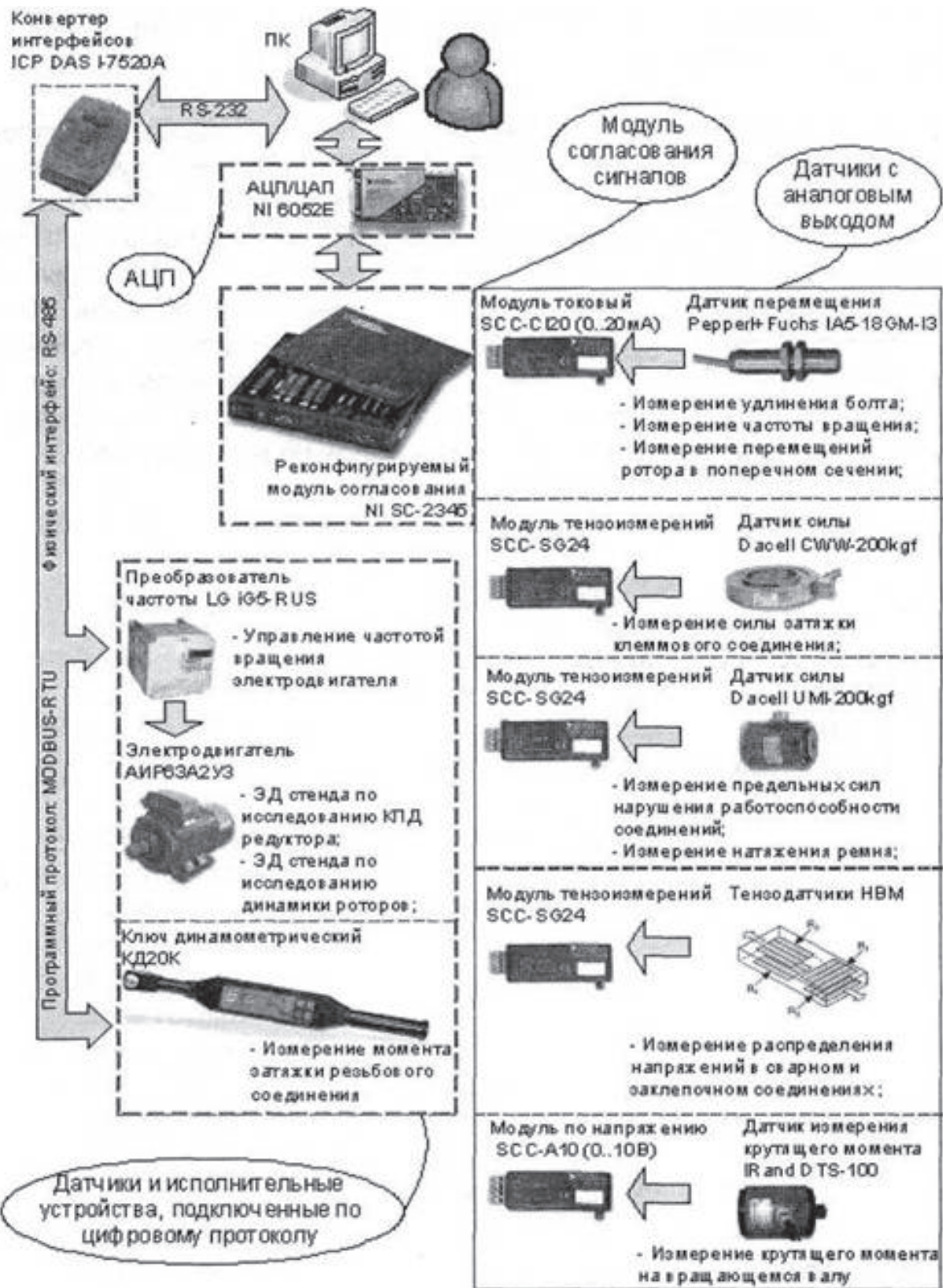


Рис. 5. Схема передачи сигнала

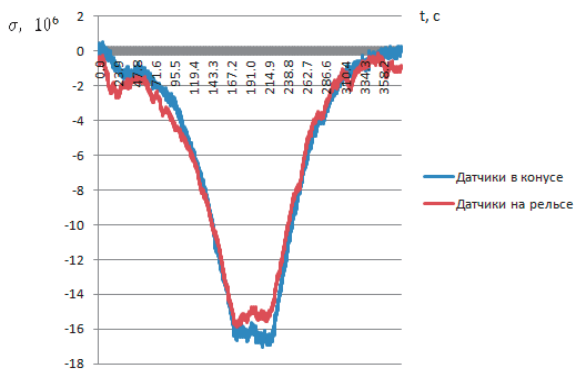


Рис. 6. Рельс испытывает сжатие

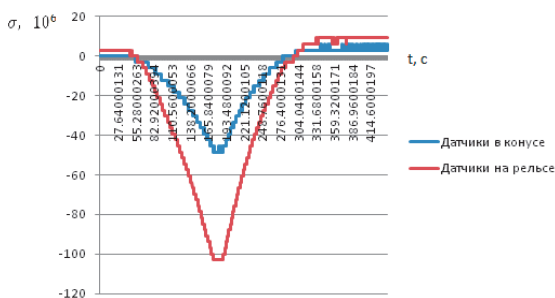


Рис. 7. Рельс испытывает изгиб

В результате исследований было установлено, что мониторинг напряженного состояния бесстыкового пути при помощи радиометки исключает субъективность – человеческий фактор, то есть процесс автоматизирован.

В ходе опытов было видно, что рельс, испытывающий сжатие, имеет практически одинаковую нагрузку при расположении тензорезисторов в конусе и на рельсе.

В то же время результаты испытаний на изгиб показали, что напряжения, полученные на рельсе, более чем в два раза превышают значения, полученные в конусе. Это объясняется тем, что датчики, наклеенные на рельс, не располагаются на нейтральной оси, то есть чем дальше они находятся от неё, тем больше возникающие напряжения.

Список литературы

1. Аккерман Г.Л., Аккерман С.Г. Иновационные технологии в мониторинге бесстыкового пути // Транспорт Урала. – 2013. – № 13.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ БЫСТРОХОДНОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

IMPROVING THE DYNAMIC PROPERTIES OF THE SYSTEM MOTION CONTROL HIGH-SPEED CATERPILLAR MACHINE

Ключевые слова: гусеничные машины, shaping-алгоритмы фильтрации, управляемость, нелинейность, идентификация.

Keywords: caterpillar machine, shaping algorithms of filtering, manageability, nonlinearity, identification.

Аннотация

В статье решается задача моделирования нелинейной системы управления движением быстроходной гусеничной машины с применением алгоритмов фильтрации. Основной особенностью работы является применение различных shaping-алгоритмов фильтрации задающих воздействий водителя и идентификатора скорости движения. Особое внимание уделяется анализу перерегулирования переходных процессов и фазовому отставанию реакции машины на управляющее воздействие. Приводятся результаты моделирования, и даются выводы и практические рекомендации по их применению.

Annotation

The article solves the problem of modeling of a nonlinear control system of movement of high-speed caterpillar machine using the algorithms of filtering. The main feature is the use of different shaping-filtration algorithms setting influence of the driver and ID speed. Special attention is paid to the analysis of transient overshoot and phase lag reaction machines on the control action. Modeling results, and conclusions and practical recommendations on their application.

Держанский Виктор Борисович

Курганский государственный университет,
профессор, д-р техн. наук, зав. кафедрой,
8-(3522)-23-06-03; dvb_47@mail.ru

Тараторкин Александр Игоревич

МГТУ им. Н.Э. Баумана, аспирант,
alexandr_tar@mail.ru

Карпов Егор Константинович

Курганский государственный университет,
аспирант

Волков Александр Александрович

Курганский государственный университет,
Инженер ОАО «СКБМ», ig_tar@mail.ru

Введение

Одним из основных эксплуатационных свойств быстроходных гусеничных машин (БГМ) является подвижность, оцениваемая скоростными качествами. Повышение удельной мощности машин до 25 кВт/т, совершенствование трансмиссий, систем управления движением и информационного обеспечения способствуют росту потенциальных скоростных качеств современных гусеничных машин. Однако реализация этого потенциала ограничивается рядом динамических явлений при прямолинейном движении и в процессе поворота, низкой управляемостью, склонностью к заносу, особенно при движении на высоких скоростях.

Для повышения степени реализации потенциальных скоростных качеств в системе управления движением в работе [1] предлагается синтезировать ПИД-регулятор, который выполняет функцию повышения динамических качеств (сокращение фазового запаздывания реакции при переходных процессах входа в поворот) и стабилизацию траектории при прямолинейном движении. Однако эффективность регулятора ограничена (табл. 1).

Из приведённых данных следует, что на дорогах с интенсивным изменением кривизны траектории (тестовая змейка, извилистая грунтовая дорога) представляется возможным повысить скорость движения на 12...16%, а цикличность включения системы управления поворотом (СУП), определяющая интенсивность деятельности водителя и уровень его утомляемости, в 1.5...1.8 раза. Однако при прямолинейном движении эффект отсутствует.

Ограниченная эффективность ПИД-регулятора связана с тем, что даже при движении по тестовой змейке с детерминированным характером изменения кривизны (длина полуволны синусоиды $\Delta S = 30...50$ м) управляющие воздействия не являются гармоническими. Они приводят к дополнительным нежелательным колебаниям реакции машины как объекта управления с упруго-инерционными свойствами. Кроме того недостаточная эффективность ПИД-регулятора во многом объясняется тем, что его структура должна обеспечивать выполнение двух противоречивых требований: высокое быстродействие в процессе управления поворотом и в то же время минимизация или снижение колебаний корпуса при прямолинейном движении. В рассматриваемой системе требуемая частота компенсирующих воздействий водителя при повороте и прямолинейном движении происходит в одном частотном диапазоне. В связи с этим интегрирующее звено ПИД-регулятора снижает устойчивость и динамику в процессе входа в поворот. Эффективность ПИД-регулятора снижается также вследствие вариации параметров конструкции гусеничной машины, входящих в математическую модель и определяющих собственную частоту системы, в соответствии с которой синтезирован регулятор. Кроме того, ко-

лебания корпуса машины в горизонтальной плоскости и в системе управления движением существенно изменяют параметры конструкции машины, которые также приводят к периодическим изменениям собственной частоты системы и её демпфирующих свойств [2]. Эти колебания вызваны особенностями конструкции машины в системе управления движением динамических свойств и действием следующих факторов:

- асинхронностью характеристик упругости силовой цепи и вариация коэффициента асимметричности;
- возмущением движения волновыми процессами в ветвях гусеницы с переменной скоростью распространения волн;
- нелинейностью характеристик системы управления поворотом, в частности гидропривода и трибологического взаимодействия гусениц с опорным основанием;
- высокочастотными параметрическими колебаниями опорных катков в вертикальной плоскости, вызванными переменной жёсткостью в контакте «шина – обремененная беговая дорожка гусеницы», а также гироскопическими моментами при «шимми» опорных катков и повышением температуры шин [2; 3];
- случайным характером изменения сопротивления движению.

Таким образом известная система не обладает робастностью, то есть не обеспечивается её приспособляемость к изменению параметров объекта. Учитывая противоречивость требования по обеспечению быстродействия системы при управлении поворотом, а при прямолинейном режиме движения – интенсивность гашения колебаний корпуса, в систему необходимо ввести идентификатор требуемого режима движения и распараллелить алгоритмы управления движением. Ввиду существенной вариации параметров конструкции объекта управления, входящих в математическую модель, и скоростного режима движения, приводящих к вариации собственной частоты и демпфирующих свойств, необходимо обеспечить робастность системы управления.

Логичным продолжением работы является дальнейшее совершенствование используемых моделей для приближения их переходных характеристик к реальному объекту. Помимо этого, опираясь на полученные данные о разделении процесса регулирования по типам задающих воздействий [4], можно произвести синтез системы с применением различных по характеристикам *shaper*-фильтров, в зависимости от задач подавления колебаний или повышения динамики. В последнее время для трудноформализуемых систем и систем, для которых сложно организовать обратную связь, разрабатываются *shaping*-алгоритмы управления. Принцип работы *shaping*-алгоритмов заключается в формировании управляющего сигнала путём свёртки задающего управ-

ляющего воздействия с последовательностью импульсов в виде дельта-функции Дирака. Эффективность алгоритма определяется количеством импульсов, их длительностью и амплитудой, которые подлежат определению [5]. Суммарное задающее воздействие на объект остаётся тем же, но перераспределяется во времени. К системам, у которых управляемые параметры зашумлены и трудноизмеряемы, можно отнести и БГМ, так как обратная связь осуществляется по результатам измерения параметров сенсора бокового движения, установленного на корпусе машины, то есть сигналы этих датчиков зашумлены и существенно отстают от управляющих воздействий.

Постановка задачи

В ходе выполнения работы необходимо произвести моделирование управляемого движения с раздельным регулированием корректирующих воздействий при низких и высоких скоростях с помощью идентификации задающих скоростных воздействий и корректируемых коэффициентов shaping-фильтров. Это можно осуществить путём синтеза обратной связи по скорости, предварительно установив зависимости параметров применяемых регуляторов. Затем сравнить полученные результаты с исходными данными и оценить возможность применения метода в системе управления движением быстроходной гусеничной машины.

Результаты

В качестве исходной модели в работе использовалась линейная модель движения машины для принципиальной оценки эффективности реализации shaping-алгоритмов. Процесс вращательного движения быстроходной гусеничной машины вокруг вертикальной оси описывается дифференциальным уравнением [6]:

$$I_z \cdot \ddot{\varphi} + \frac{\dot{\varphi}}{V} \cdot \sum_{i=1}^n C_{yi} \cdot l_i^2 + 0.5 \cdot C_{\Pi P} \cdot \varphi = M_{\Pi}, \quad (1)$$

где I_z – момент инерции машины вокруг вертикальной оси;

φ – курсовой угол и его производные;

V – линейная скорость;

l_i – продольная координата i -ой оси опорных катков, относительно центра масс;

C_{yi} – коэффициент сопротивления уводу i -й оси;

n – число осей опорных катков;

$C_{\Pi P}$ – приведённая жёсткость;

M_{Π} – поворачивающий момент.

В математической модели приняты следующие допущения:

- движение машины происходит с постоянной скоростью, то есть продольное ускорение равно нулю, а боковое ограничено;
- характеристики упругости бортов движителя при компенсации отклонения траектории (при повороте машины) являются симметричными;
- принята модель боковых сил, формируемых уводом шин опорных катков при равномерном распределении вертикальной нагрузки вдоль борта и между бортами;
- движение машины является устойчивым;
- нелинейности в системе управления поворотом (зона нечувствительности, ограничение координаты и петлеобразность характеристики) не учитываются;

• нелинейный характер взаимодействия движителя с опорным основанием линеаризован.

Моделирование shaping-алгоритмов фильтрации показало, что при различных скоростях транспортной машины они должны решать взаимоисключающие друг друга задачи: при низких скоростях необходимо повышать динамику переходных процессов поворота, в то время как на высоких – устранять перерегулирование и колебания корпуса вокруг вертикальной оси в процессе поворота (рис. 1). В соответствии с этой информацией и возможностью оперативно измерять скорость машины во время движения, произведён синтез адаптивного ZVD-shaping-регулятора (zero-vibration and derivative, нулевой вибрации и амплитуды), основные коэффициенты которого (A_1, A_2, A_3 – величина первого, второго и третьего импульса соответственно и t_2, t_3 – время второго и третьего импульсов [5; 7]), изменяются соответственно скорости для решения поставленных задач.

Моделированием установлено, что при скорости $V > 15$ м/с необходимо повышать динамику процесса движения и подавление колебаний. Соответственно, вычислительный блок управления движением должен быть дополнен логическим идентификатором скорости для разделения процесса регулирования.

Таблица 1

Эффективность ПИД-регулятора системы управления движением

Параметры оценки	Условия движения		
	Тестовая змейка ($\Delta S=30 \dots 50$ м)	Извилистая дорога	Прямолинейный участок (бетон, заснеженная дорога)
Повышение средней скорости $V_{ср}, \%$	14,3	12...16	Эффект отсутствует
Цикличность включения СУП водителем, $N^*, \text{км}^{-1}$	37->25	Уменьшается в 1.5...1.8 раза	Не снижается

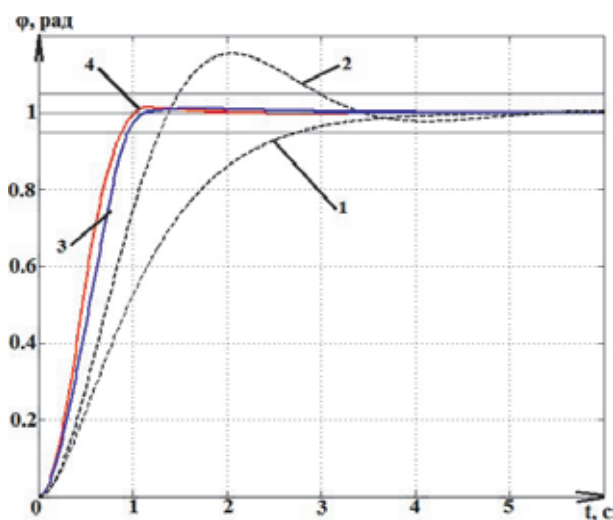


Рис. 1. Переходные процессы управляемого движения БГМ на разных скоростях: 1, 2 – $V=10$ м/с, $V=20$ м/с, без фильтра; 3, 4 – $V=10$ м/с, $V=20$ м/с, ZVD-shaper

Модель процесса вращательного движения машины вокруг вертикальной оси дополнена чистым запаздыванием между задающим воздействием водителя и реакцией гусеничной машины на него для приближения модели к реальному объекту. На полученную систему подавались единичные ступенчатые воздействия для определения перерегулирования и гармонические колебания для оценки фазового отставания. На рис. 2 приведена зависимость величины перерегулирования переходного процесса вращения гусеничной машины с различными системами управления.

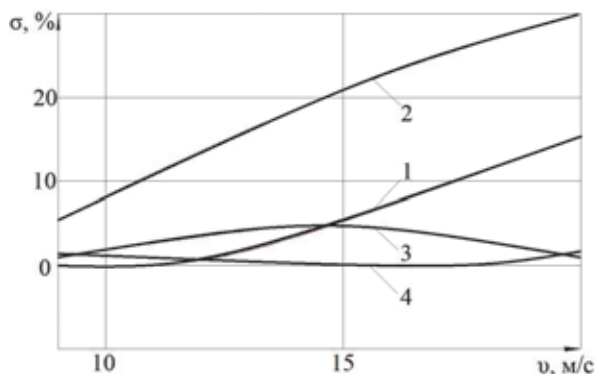


Рис. 2. Зависимость перерегулирования от скорости БГМ: 1 – исходная система, 2 – с ПД-регулятором, 3 – с ZV-shaper-фильтром, 4 – с ZVD-shaper-фильтром

Как видно из данных графиков рис. 2, наибольшее перерегулирование, достигающее 30%, наблюдается при использовании ПД-регулятора, настроенного на минимизацию времени переходного процесса. Колебания корпуса под управлением исходной системы достигают 15% на предельных скоростях, равных 20 м/с. Наилучшие результаты показали shaper-фильтры, причём применение ZV-фильтра (zero-vibration, нулевой вибрации) позволяет минимизировать предельное перере-

гулирование до 5%, а ZVD-фильтра – до 3%.

Для сравнения предельной скорости гусеничной машины с различной системой управления движением была определена зависимость коэффициента фазовой напряжённости ($K\varphi = \varphi / \pi$) от скорости движения при фиксированных значениях длины полуволны «тестовой змейки» $\Delta S = 20, 30, 40$ м. Предельная скорость движения соответствует значению $K\varphi = 0.75$, при котором водитель в принципе может управлять направлением движения.

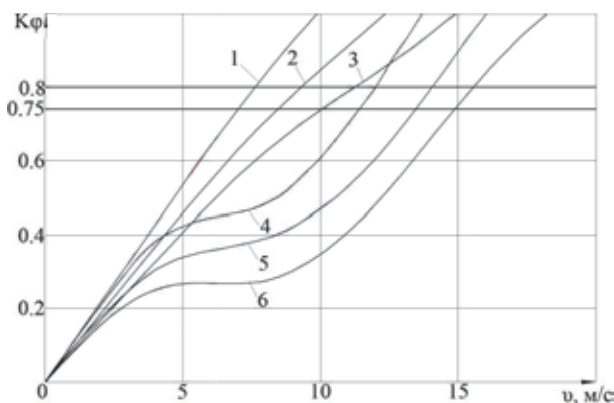


Рис. 3. Зависимость коэффициента фазовой напряжённости от скорости движения:

1, 2, 3 – исходная система – $\Delta S = 20, 30, 40$ м соответственно, 4, 5, 6 – с ZVD-shaper-фильтром $\Delta S = 20, 30, 40$ м соответственно

Из графиков рис. 3 видно, что применение ZVD-shaper-фильтров с адаптацией по линейной скорости движения позволяет повысить предельную скорость на 25–30%, при которой сохраняется управляемость движения. Например при $\Delta S = 40$ м, $V = 10$ м/с (36 км/ч), а при использовании ZVD-shaper-фильтра $V = 15$ м/с (54 км/ч). Этот эффект реализуется при достаточном значении поворачивающего момента и ограничении буксования движения.

Выводы

Как показали результаты данной работы, подход автоматизированного управления движением быстроходной гусеничной машины, основанный на фильтрации задающих воздействий при помощи shaping-фильтров, обеспечивает решение задач по подавлению колебаний системы и повышению её быстродействия. Дополнение исходной модели обратной связью по линейной скорости позволило более широко оценить эффективность данного решения, приблизив систему к реальному объекту управления. Применение ZVD-shaper-фильтра и последующая его модификация путём введения обратной связи позволило решать две противоположные задачи. На малых скоростях повысилась динамика движения гусеничной машины, при этом не вызывались колебания и

уменьшилось фазовое запаздывание реакции. На высоких скоростях движения, когда решение водителем задачи расчёта скорости и упреждения задающих воздействий при поворотах затруднено вероятностью заносов и высокой динамикой процессов, фильтр уменьшает фазовое запаздывание и устраняет колебания гусеничной машины в горизонтальной плоскости, тем самым снимая часть нагрузки на человека-оператора и повышая динамику процессов поворота. Полученные результаты можно использовать при написании алгоритмов управления для вычислительных блоков существующих и перспективных транспортных машин. Дальнейшим развитием данной работы может быть введение обратной связи ZVD-фильтра по другим параметрам G-сенсора движения – продольные и поперечные скорости и ускорения.

Список литературы

1. Держанский В.Б., Тараторкин И.А., Карпов Е.К. Нечёткая логика в мехатронной системе управления движением быстроходной гусеничной машины // Безопасность транспортных средств в эксплуатации: Сборник материалов 79-й Международной научно-технической конференции. – Нижний Новгород: Уч.-изд.л., 2012. – 349 с.
2. Держанский В.Б., Тараторкин И.А. Ограничение подвижности Быстроходных гусеничных машин при флуктуации боковых сил // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – Вып. 6.
3. Derzhanskii V., Taratorkin I. Stabilization of Linear Motion of the Tracked Vehicle // SAE Technical Paper of the SAE 2013 Commercial Vehicle Engineering Congress. – 2013. – DOI: 10.4271/2013-01-2363. SCOPUS.
4. Кузнецов А.П. Shaping-алгоритмы подавления колебаний объектов управления // Доклады БГУИР. – 2011. – №7(61). – С.5-11.
5. Карпов Е.К., Держанский В.Б., Тараторкин И.А. Гашение колебаний корпуса гусеничной машины в горизонтальной плоскости / Е.К. Карпов // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2013. № – 11. URL: <http://engbul.bmstu.ru/file/out/649862/>
6. Lawrence J., Singhose W. Robustness of Input Shaping to Non-linear Crane Dynamics // Woodruff School of Mechanical Engineering Georgia Institute of Technology – Atlanta, Georgia 2008. – 30 с.

УДК 629.113

ПОВЫШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ ТРАНСМИССИЙ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН INCREASED DYNAMIC STABILITY OF FRICTION DISKS TRANSMISSIONS TRANSPORT MACHINES

Ключевые слова: динамика, диск, фрикционы, параметрический резонанс, фильтрация колебаний, долговечность.

Keywords: dynamics, drive, clutches, parametric resonance, filtering vibration, durability.

Аннотация

Исследуются процессы формирования динамической нагруженности и обосновываются пути повышения долговечности дисков фрикционных трансмиссий транспортных машин. Выдвигается гипотеза о разрушении дисков вследствие воздействия высокочастотных возмущений, генерируемых двигателем и гидротрансформатором, определяются условия возникновения параметрических резонансных колебаний. С использованием уравнения Матье определены области неустойчивости параметрических колебаний, установлена необходимость фильтрации высокочастотных возмущений с целью ограничения параметра глубины модуляции. Выполнена оценка влияния разработанных мероприятий на долговечность фрикционных дисков.

Annotation

The processes of formation of dynamic loading and justified way of improved durability disk clutch transmissions transport vehicles. A hypothesis about the destruction of disks due to exposure to high-frequency perturbations generated by the engine and the torque converter are determined by the conditions of a parametric resonance vibrations. With the use of the Mathieu equation identified areas of instability parametric oscillations, established the need to filter high-frequency perturbations to limit the parameters of the modulation depth. The evaluation of the influence of the developed measures the durability of the friction discs.

Тараторкин Александр Игоревич

МГТУ им. Н.Э. Баумана, аспирант,
alexandr_tar@mail.ru

Держанский Виктор Борисович

Курганский государственный университет,
профессор, д-р техн. наук, зав. кафедрой,
8-(3522)-23-06-03; dvb_47@mail.ru

Тараторкин Игорь Александрович

Институт машиноведения УрО РАН,
профессор, д-р техн. наук, ig_t@mail.ru

Трусов Илья Александрович

Курганский государственный университет,
аспирант

В настоящее время для проектируемых и модернизируемых многоцелевых гусеничных и колесных машин разрабатываются все более совершенные конструкции гидромеханических трансмиссий [1]. Испытания опытных образцов машин свидетельствуют о высокой динамической нагруженности, ограничивающей долговечность деталей, в частности дисков фрикционных элементов управления и деталей сопрягаемых с ними. В работе рассматривается недостаточно исследованный ранее вид разрушения – разрыв дисков, который наблюдается в проектируемых трансмис-

сиях и в конструкциях мировых лидеров – фирм Allison, Alta и др. Следует отметить, что такой же вид разрушения наблюдается в ступенчатых трансмиссиях танков, оснащенных дизельными двигателями [2].

Металлографический анализ разрушенных дисков показывает [3], что образование трещин носит усталостный характер, который проявляется за ограниченное время опытной эксплуатации, что возможно вследствие возникновения высокочастотных колебаний. Экспериментально установлено, что резонансный режим наблюдается при работе гидротрансформатора (ГТ) в режиме гидромукты при незначительном проскальзывании турбины относительно насоса. В связи с этим выдвигается гипотеза о проявлении нового, не исследованного ранее динамического явления – возбуждения резонансных колебаний в дисках при нелинейной упругой характеристике их взаимодействия с ведущим барабаном. Характер колебаний барабана определяется динамикой системы «двигатель – гидротрансформатор – гидравлическая

система его подпитки», а также конструкцией трансмиссии.

Цель исследования состоит в изучении процессов формирования динамической нагруженности и обоснования путей повышении долговечности фрикционных элементов трансмиссий транспортные машин.

Решение задач динамики осуществляется на основе математической модели рассматриваемой системы, построенной в соответствии с расчетной схемой (рис. 1а).

На схеме введены следующие обозначения: $J_D, J_{ГТ}, J_B, J_\delta$ – моменты инерции двигателя, гидротрансформатора, барабана и диска; c_1, c_2 – жесткость гасителя дотрансформаторной зоны и входного вала трансмиссии, соответственно; $M(\varphi)$ – нелинейная упругая характеристика взаимодействия диска с ведущим барабаном; $\varphi_1; \varphi_2; \varphi_3; \varphi_4$ – соответствующие обобщенные координаты инерционных масс. Движение элементов описываются следующей системой дифференциальных уравнений (1).

$$\begin{cases} J_D \ddot{\varphi}_1 + c_1(\varphi_1 - \varphi_2) = H_0 + H_i \sin(\omega_i t + \alpha_i) \\ J_{ГТ} \ddot{\varphi}_2 - c_1(\varphi_1 - \varphi_2) + c_2(\varphi_2 - \varphi_3) = H_m \sin(\omega_m t + \alpha_m) \\ J_B \ddot{\varphi}_3 + b(\varphi_3 - \varphi_4) - c_2(\varphi_2 - \varphi_3) + M(\varphi) = M_C \\ J_D \ddot{\varphi}_4 - b(\varphi_3 - \varphi_4) - M(\varphi) = H_\delta \end{cases} \quad (1)$$

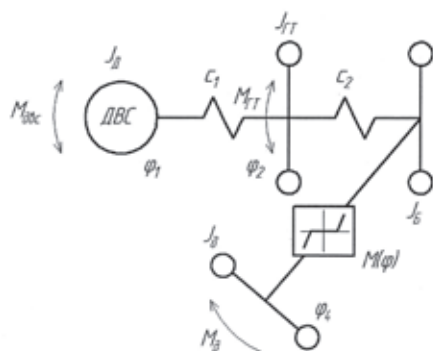
В этой системе H_i, ω_i, α_i – соответственно амплитуды, частоты и начальные фазы моторных гармоник двигателя; M_C – приведенный момент сопротивления движению; H_δ – момент ведения фрикциона при вращении диска.

В расчетной схеме соединение фрикционных дисков с барабаном осуществляется по подвижной посадке с центрированием по диаметру делительной окружности зубьев с гарантированным

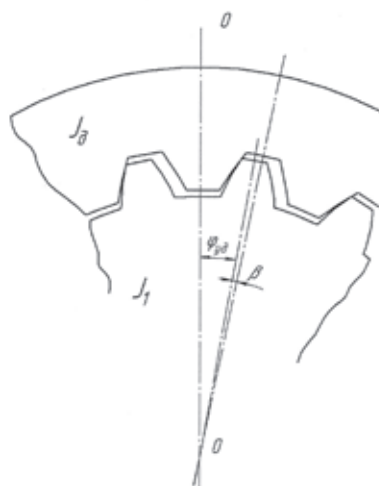
зазором, обеспечивающим осевое перемещение дисков относительно барабана при включении – выключении. Расчетная схема зубчатого соединения диска с барабаном показана на рис. 1 б.

Нелинейная функция – зависимость момента от угловой координаты, схематизирована и принимается симметричной с зазором, т.е.

$$M(\varphi) = \begin{cases} 0 & \text{при } |\varphi| \leq \delta \\ c \cdot |\varphi| \cdot \text{sign}|\varphi| & \text{при } |\varphi| > \delta \end{cases}$$



а)



б)

Рис. 1. Расчетная схема нелинейной системы: а) структура системы; б) соединение барабана с диском

параметры, которой δ определяется по чертежно-технической документации ($\delta = 0,3$ град), а c – жесткость пары «зуб диска – зуб барабана» на основе моделирования напряженно-деформированного состояния зубчатого зацепления диска с барабаном $c = 6.845 \cdot 10^5 \text{ Нм/рад}$. Для определения жесткости зацепления зубчатого венца диска с барабаном необходимо определить коэффициент равномерности нагрузки между зубьями. В динамических условиях работы происходят колебания дисков, и взаимное положение зубчатых венцов барабана и диска носит периодический характер. Для количественной оценки возмущений, формируемых нелинейной системой при проведении данного исследования, принимается, что контактная жесткость определяется одной, двумя, тремя и т.д. парами зубьев, а при параллельной работе элементов жесткость суммируется.

Результаты моделирования динамики системы приведены на рис. 2.

Результаты численного решения системы (1) показывают, что нелинейное высокочастотное ударное взаимодействие диска с барабаном как сплошных твердых тел с моментами инерции J_B, J_D порождает широкий спектр частот возмущения (от 0 до 6000 Гц) со значительной мощностью. При этом спектр частот перекрывает диапазон собственных частот и форм колебаний диска как системы с распределенными параметрами. Это может привести к возникновению резонансных колебаний диска. Для определения путей исключения возможных резонансов проводится соответствующий анализ. Эта задача решается на основе исследования математической модели системы как нелинейной двухмассовой системы, включающей барабан с приведенным к нему моментами инерции турбины и деталей планетар-

ного ряда – комплект i дисков, соединенных зубчатым зацеплением с зазором. Введением координаты относительного углового перемещения

$\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ модель приводится к виду нелинейного дифференциального уравнения (2)

$$J_{np} \ddot{\varphi} + b \dot{\varphi} + M(\varphi) = M(t), \quad (2)$$

где J_{np} – приведенный момент инерции

$$\left(J_{np} = \frac{J_B \cdot J_D \cdot i_D}{J_B + J_D \cdot i_D} \right); \quad b - \text{коэффициент дис-$$

сипации, зависящий от частоты, амплитуды колебаний и площади петли гистерезиса, возникающей вследствие не вполне упругого соударения диска о барабан [4] ($b = 4,5 \text{ Номос}$); $M(t)$ – временная функция момента возмущения, формируемого дизельным двигателем, гидродинамическими процессами в межлопаточном пространстве трансформатора, а также пульсацией давления рабочей жидкости в системе подпитки; J_D – момент инерции диска; i – количество дисков. Момент инерции J_B , приведенный к барабану, включает инерционность турбины, вращающихся деталей планетарных рядов трансмиссии и элементов управления. При расчете этого параметра принимается ряд допущений. В связи с этим значение J_B определяется по экспериментальным данным – по частоте собственных колебаний в динамической системе (по частоте колебаний момента на валу гидромеханической трансмиссии при движении транспортной машины на определенной передаче с заблокированным гидротрансформатором). В рассматриваемой конструкции ГМТ на прямой 5-й передаче все детали вращаются как единое целое и возможны колебания ведущих дисков всех тормозов.

Значения момента инерции, приведенного к

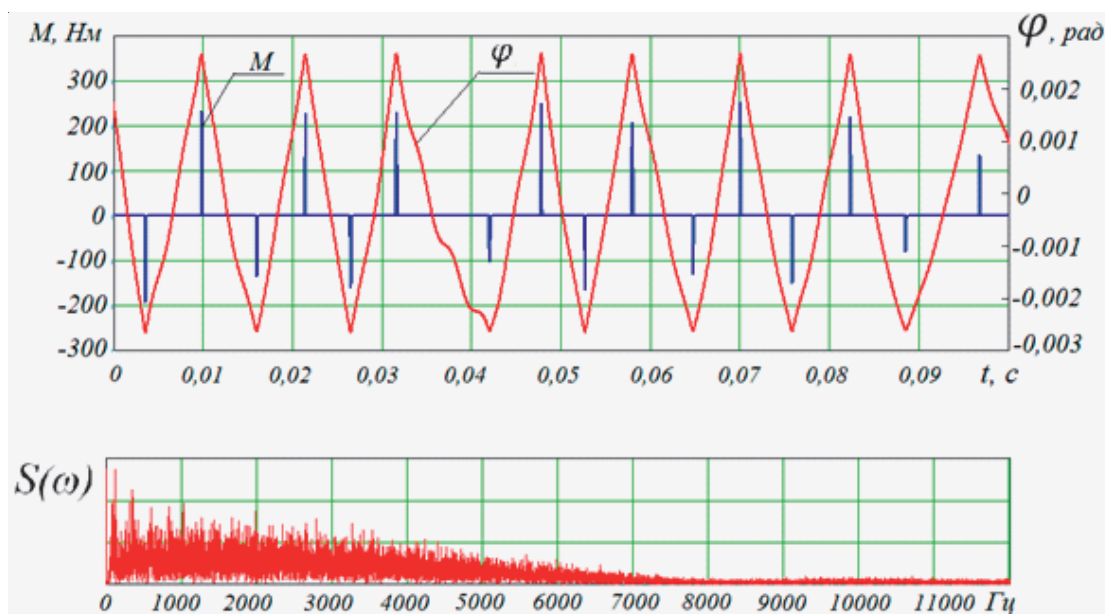


Рис. 2. Результаты моделирования динамики системы

барабану, равно $J_B = \frac{c}{\omega^2}$. Жесткость механической системы в данном случае определяется упругой характеристикой гасителя и составляет $c_1 = 114000$ Нм/рад, а приведенный момент инерции – 1,0 ... 1,2 кгм².

Результаты численного решения уравнения (2) и его спектральный анализ приведены на рис. 3.

Резонансный режим происходит при совпадении частоты свободных колебаний нелинейной системы с частотой возмущения или кратной ей. Соответственно резонанс в дисках происходит при совпадении генерируемых нелинейной системой частот возмущения с одной из собственных частот МКД [3;5].

Корректность определения спектра высокочастотного возмущения, формируемого гидротрансформатором, выполнена при исследовании двух гидротрансформаторов различной конструкции и типоразмеров, но с одинаковым числом лопаток колес (ГТК XV-380 и ГТ-430) на стенде тормозного типа, используемого для определения преобразующих свойств гидротрансформатора. Привод насосного колеса гидротрансформатора осуществлялся от балансирно подвешенного электродвигателя с регулируемой частотой вращения. Нагрузка на турбине создавалась электродинамическим тормозным устройством фирмы «Schenk». Давление рабочей жидкости в гидротрансформаторе, его подпитка создавались гидравлической системой стенда. Подвод и отвод рабочей жидкости осуществлялся между реактором и насосом, при этом каналы были смещены относительно друг друга на 90°. В процессе испытаний регистрировались следующие параметры: вращающие моменты на входе и выходе, давление рабочей жидкости и частота ее пульсаций на входе в ГТ, частота вращения насосного и турбинного колес, а также уровень виброускорений картера ГТ. Регистрация и обработка параметров осуществлялась модульной станцией сбора данных компании L-CARD с использованием программного пакета PowerGraphProfessional 3.3.8. Спектральный анализ процесса изменения момента на входе и давления рабочей жидкости показал (рис. 4), что действительные динамические процессы формирования возмущений турбины являются гораздо

сложнее принимаемых при расчете. Частота возмущения момента на турбине соответствует расчетной, т.е. $\omega = 0,5 \cdot (k_T \cdot k_H) \cdot \Delta n$. В то же время процесс пульсации рабочей жидкости на входе в гидротрансформатор, формируемый насосом подпитки, близко совпадает с частотой возмущений момента на турбине.

Спектральный анализ процесса изменения момента на колесах гидротрансформатора и давления рабочей жидкости показал, что действительные динамические процессы формирования возмущений турбины являются гораздо сложнее принимаемых при расчете. Частота возмущения момента на турбине соответствует расчетной, т.е.

$\omega = 0,5 \cdot (k_T \cdot k_H) \cdot \Delta n$ (Δn – относительная частота вращения турбинного и насосного колес). В то же время необходимо учитывать процесс пульсации давления рабочей жидкости на входе в гидротрансформатор, формируемый шестеренчатым насосом системы подпитки и по частоте близко совпадающий с частотой возмущений, формируемых гидродинамическими процессами в гидротрансформаторе.

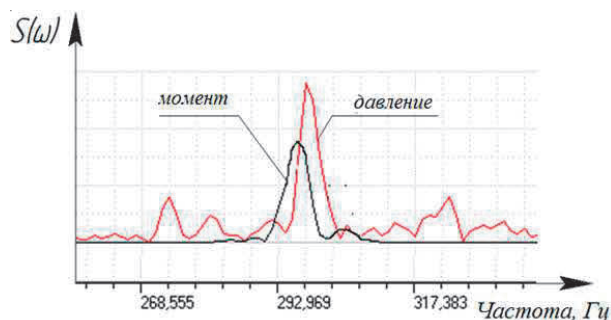


Рис. 4. Спектральная плотность возмущений, формируемых пульсацией рабочей жидкости в системе подпитки гидротрансформатора

Как известно, решение нелинейного уравнения (2) является неоднозначным и возможно существование нескольких стационарных режимов с различными амплитудами $\varphi_i = \varphi_i(t)$, в том числе неустойчивых.

Анализ устойчивости выполняется с использованием аппарата параметрических колебаний. Для этого математическая модель (2) приводится

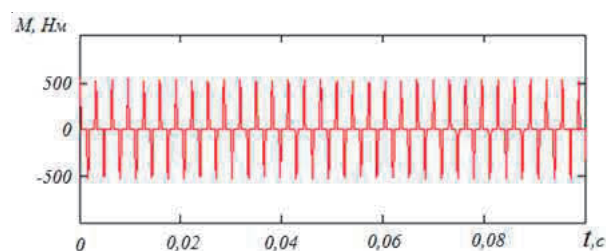
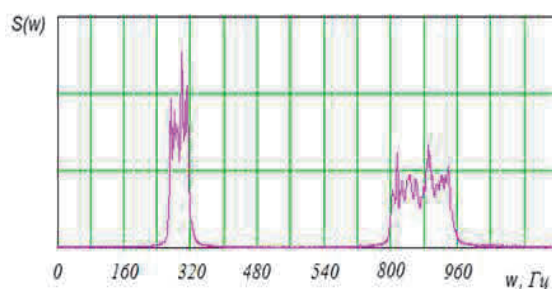


Рис. 3. Результаты численного решения и его спектральный анализ



к форме уравнения Матье [6;7]:

$$\ddot{\varphi} + 2\varepsilon\dot{\varphi} + \omega_0^2 \left[1 - \frac{q_d \cos(pt)}{q_{cm}} \right] \varphi = 0, \quad (3)$$

где $\varepsilon = \frac{b}{2J_{np}}$ – параметр диссипации;
 ω_0^2 – квадрат частот свободных колебаний нелинейной системы, соответствующий значению коэффициента гармонической линеаризации q_0 ,
 p – частота внешнего возмущения.

Глубина модуляции $2\mu = \frac{q_d(A)}{q_{cm}(A)}$, где чис-

литель представляет собой жесткость упругого взаимодействия «барабан – диск» при амплитуде колебаний барабана, определяемой по экспериментальным данным, а знаменатель представляет собой жесткость упругого взаимодействия «барабан – диск» при амплитуде, соответствующей моменту ведения вращающихся дисков. Для данных амплитуд $q_d(A)$ и $q_{cm}(A)$ определяются по формуле, полученной методом гармонической линеаризации:

$$c = c_0 - \frac{2c_0}{\pi} \left(\arcsin \frac{\delta}{A} + \frac{\delta}{A} \sqrt{1 - \frac{\delta^2}{A^2}} \right),$$

где A – амплитуда углового колебания; δ – зазор (люфт). Необходимо отметить, что принятое в расчетах $q_d(A)$ дает значение в диапазоне от 600 до 700 Гц, что достаточно близко к нижней собственной частоте (второй форме колебаний МКД) исследуемой трансмиссии.

Вводя параметры глубину возбуждения и частоту его изменения p , уравнение Матье без учета диссипации приводится к виду

$$\ddot{\varphi} + [a - 2h \cos(2\tau)] \varphi = 0. \quad (3)$$

В этом уравнении a и h – параметры (абсцисса и ордината) диаграммы Айнса-Стретта

$a = \left(\frac{2\omega}{p} \right)^2$; $h = a\mu$; $2\tau = pt$. Такое представление позволяет анализировать устойчивость параметрических колебаний по диаграмме Айнса-Стретта (рис. 5) по расположению на диаграмме точек с известными координатами a и h .

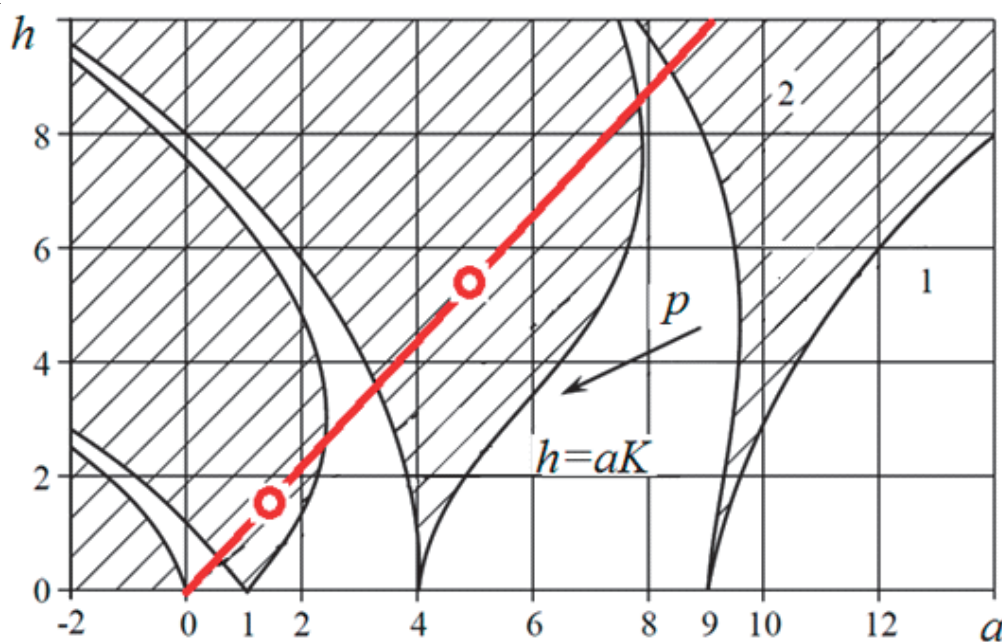


Рис. 5. Диаграмма Айнса-Стретта для исследуемой системы

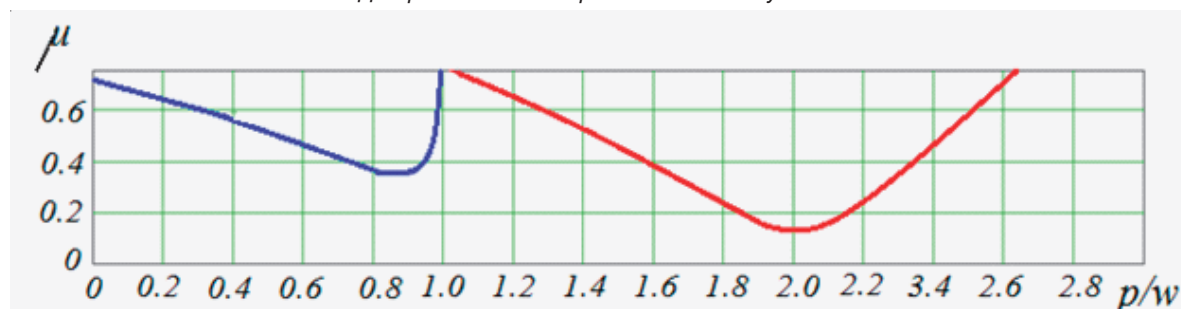


Рис. 6. Области неустойчивости относительно частоты возбуждения p для главного и второго параметрических резонансов

На рисунке красными маркерами приведены рабочие точки, полученные для рассматриваемой динамической системы ($\rho=1200$ и 680 Гц, $\mu=1,275$).

Как следует из диаграммы (рис.5), наибольшую опасность представляет точка, находящаяся во второй зоне параметрического резонанса. Для более корректной оценки возможности резонансных колебаний необходимо учесть затухание. В этом случае удобнее воспользоваться диаграммой относительно частоты возбуждения. На рис. 5 показаны области относительно частоты возбуждения для главного и второго параметрических резонансов с демпфированием при декременте затухания $\Delta=0,3$.

Как следует из рис. 6, с увеличением затухания области неустойчивости смещаются выше оси абсцисс. Используя демпфирование, можно полностью исключить параметрические колебания, если глубина пульсации не достигает областей неустойчивости. Таким образом, для исследуемой системы наиболее реальным путем является снижение глубины пульсаций до 0,1.

Это возможно реализовать введением фильтра низкочастотных колебаний, который не пропустит на барабан высокочастотные возмущения, сгенерированные двигателем либо ГТ. Данный аналитический вывод, полученный на основе анализа диаграммы Айнса-Стретта также подтверждается при выполнении численного моделирования по модели (1).

Для исключения резонансных режимов фрикционных дисков с целью повышения долговечности необходимо определить спектр их собственных частот. Конструкция МКД является многокомпонентной, сочетающей в себе металлический диск, металлокерамические накладки, адгезионные слои, то есть разнородные материалы с раз-

личными нелинейными физико-механическими свойствами. Кроме того, на одной из торцевых поверхностей МКД выполняется зубчатый венец. Собственные частоты МКД сложной формы, состоящих из неоднородных материалов, могут быть определены на основе численного моделирования [9].

Для этого в программном пакете Solid Works 2013 была создана трехмерная модель фрикционного диска, содержащая все его составляющие, то есть непосредственно фрикционный слой и стальной диск-основу. Далее модель была импортирована в ANSYS Workbench 13, выбрана конечно-элементная сетка, определены характеристики взаимодействия элементов фрикционного диска: контакт между накладками и основой задан по типу «bonded», что соответствует реальным условиям. Параметры заделки выбирались исходя из того, что при разрушении диска в ходе эксплуатации в трансмиссии «Синтез» находились в выключенном состоянии фрикционного элемента управления. Поэтому трехмерная модель диска не закреплялась и не ограничивалась ни в одном из шести направлений.

В результате численного решения были определены реакция МКД на гармонический сигнал переменной частоты, приложенный к зубу МКД, а также собственные частоты колебаний диска, формы колебаний, соответствующие различным формам колебаний K ($K=1,2,3 \dots$). Спектральная плотность процесса колебаний МКД приведена на рис. 7, а формы колебаний диска при $K=2$ и $K=3$ – на рис. 8.

Из приведенных данных следует, что собственные частоты МКД находятся в диапазоне частот возмущений рассматриваемой системы, значит, резонанс дисков возможен.

Анализ результатов численного моделирова-



Рис. 7. Результаты частотного анализа отклика фрикционного диска

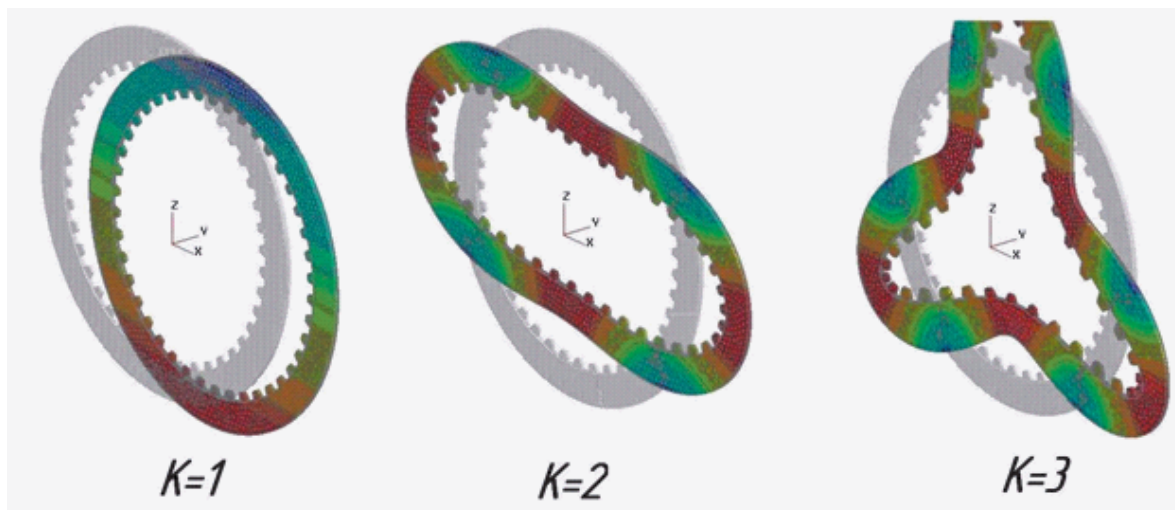


Рис. 8. Формы колебаний металлокерамического диска

ния позволяет прогнозировать возможность возникновения резонансных режимов МКД фрикционных элементов гидромеханических трансмиссий, уточнить методику проектного расчета, а также решать обратную задачу по исключению резонансных режимов.

Исключение резонанса возможно обеспечить варьированием собственных частот металлокерамического диска в соответствии с приведенным уравнением. Однако физико-механические свойства (модуль упругости E , плотность материала ρ , определяющая погонную массу m_0 , соответственно и скорость звука в материале E/ρ) для используемых материалов диска стабильны, а варьирование геометрическими параметрами (J, R) ограничено условиями компоновки фрикционных дисков в картере трансмиссии.

Некоторое гашение колебаний может быть достигнуто созданием конусообразной или гофрированной формы стальных дисков, работающих в паре с МКД. Это приводит к увеличению трения между дисками при их вращении, износу и снижению эффективности [11, фиг. 109, с. 151].

Эффективным путем варьирования собственной частоты является «разрушение» кратности числа волн, укладываемых на длину диска, например, выполнением радиальных надрезов. Также возможно изменение собственных частот диска путем выполнения равномерных сверлений по площади, что не приведет к изменению формы колебаний, однако снизит собственные частоты. Эффективность выполнения надрезов определена экспериментально.

Эффективность коррекции спектра собственных частот МКД путем выполнения сверлений проверялась в программном приложении ANSYS Workbench 13. При площади отверстий, составляющих 19% площади, собственная частота исследуемого диска понизилась с 703 до 600 Гц.

При этом необходимо отметить, что коррекция спектра собственных частот дисков выполнением отверстий [12] или радиальных надрезов мо-

жет привести к нежелательному характеру изменений термических напряжений в диске. При недостаточной интенсивности передачи тепла за счет конвекции, теплопроводности и излучения с поверхностей дисков происходит их перегрев и коробление вследствие термических деформаций. Анализ конструкции дисков фирмы Alta показывает, что выполнение радиальных надрезов способствует росту температурных деформаций в осевом направлении, вызванных локальным повышенным нагревом дисков. Нагрев происходит при переходных процессах включения фрикционных и при относительном вращении дисков в выключенном состоянии. Коробление МКД приводит к неполному включению передачи, увеличению работы буксования и приращению температуры деталей фрикционного элемента. При обратном направлении градиента температур деформация дисков приводит к увеличению силы сопротивления осевому перемещению дисков, в пределе нарушая их подвижность. В результатах исследования [13] показано, что в отдельных конструкциях выполнение радиальных отверстий способствует росту термических деформаций. Учитывая, что процесс теплопроводности описывается дифференциальным уравнением волновой теории в частных производных и характеризуется определенными частотами, то при коррекции спектра собственных частот диска необходимо учитывать возможность ограничения по уровню термических деформаций.

Анализ усталостной долговечности фрикционных дисков с выполненными сверлениями осуществлялся в приложении ANSYSnCodeDesignLife. Для этого использовались трехмерные модели двух дисков, исследованных ранее. Первый – цельный фрикционный диск с собственной частотой 703 Гц, соответствующей второй форме колебаний; второй – тот же диск со сверлениями на 19% площади и собственной частотой 600 Гц. Предварительно эти модели загружены в ANSYS Workbench 13 в приложение Response Spectrum, где был определен гармонический отклик каждо-

го из дисков на различных частотах. Затем данные, полученные в этом приложении, были переданы в ANSYSnCodeDesignLife, где выполнялся расчет долговечности дисков. В ходе выполнения анализа оба диска нагружались частотным спектром от 700 Гц до 1500 Гц с амплитудой от 30 до $50 \frac{(Нм)^2}{Гц}$. Следует отметить, что при расчете усталостной долговечности трёхмерная модель основы фрикционного диска была выполнена в соответствии с реальной конструкцией, т.е. с учетом галтелей в основании зубьев.

Анализ результатов расчета показал, что при отстройке собственной частоты диска, соответствующей 2-й форме колебаний, возможно значительное повышение ресурса дисков на несколько порядков.

Закключение

В соответствии с результатами исследования установлено, что резонансный режим в дисках фрикционных элементов может быть генерирован на различных частотах и различными источниками возбуждения. Возбуждение резонансов генерируется колебаниями момента двигателя, гидродинамическими процессами в межлопаточном пространстве круга циркуляции гидротрансформатора, а также колебаниями давления рабочей жидкости в системе его подпитки. Отстройка резонансов на одной из частот может его возбудить на смежных. В связи с этим наиболее эффективным способом исключения резонансных режимов является фильтрация колебаний, генерирующих резонанс.

Фильтрация колебаний в до и после трансформаторных зонах может быть осуществлена синтезом гасителя высокочастотных колебаний, включающим резонанс в этих зонах, практически не воспринимающим [6;7] возмущения с частотами, существенно превышающими собственную частоту.

Таким образом, для фильтрации высокочастотных колебаний, генерируемых в трансмиссии, а также формируемых нелинейной характеристикой упругого взаимодействия зубчатого зацепления барабана и диска, необходимо введение дополнительного гасителя.

На начальных этапах проектирования трансмиссии прогнозировать возможный диапазон генерации колебаний с достаточной точностью не всегда удается. В связи с этим возможные резонансы, выявляемые при проведении испытаний опытных образцов трансмиссии, могут быть отстроены следующими локальными решениями: снижением амплитуды генерируемых высокочастотных колебаний в межлопаточном пространстве при соответствующей корректировке программы управления блокировкой ГТ, а также выбором неделимого числа лопаток турбинного колеса (например, 27 вместо широко используемых 28); кор-

ректировкой спектра собственных частот диска разрушением кратности числа волн, сумма длин которых соответствует длине окружности среднего радиуса диска. Для этого выполняют на внутренней и внешней торцах диска в шахматном порядке пары радиальных надрезов, изменяющих спектр его частот. Число пар надрезов определяют в зависимости от требуемого смещения спектра собственных частот диска. Однако в этом случае при уменьшении диапазона частот собственных колебаний диска следует исключить вероятность попадания в резонанс, генерируемый пульсацией давления рабочей жидкости. Интенсивность пульсаций давления рабочей жидкости в системе подпитки может быть ограничена выбором значения давления в диапазоне 5...8 МПа. Снижение давления приводит к росту пульсаций. Кроме того, целесообразно введение в систему подпитки сглаживающих фильтров.

Отстройка резонансных режимов, генерируемых нелинейностью характеристики упругого взаимодействия зубчатых венцов барабана и диска, может быть осуществлена на основе оптимизации зазоров, т.е. вариацией типа подвижного соединения и жесткости числа одновременно контактирующих зубьев, определяемых эллиптичностью окружностей.

Прогнозирование долговечности дисков на основе исследования напряженно-деформируемого состояния показывает, что исключение резонансных режимов повышает долговечность на несколько порядков.

Список литературы

1. Красневский Л.Г. Состояние и перспективы развития автоматических трансмиссий мобильных машин // Актуальные вопросы машиноведения: Сб. науч. тр. ОИМ НАН Беларуси. Минск, 2012. – Вып. 1. – С. 108-114.
2. Крюков А.П., Жучков М.Г., Зайцев В.А. и др. Повышение долговечности стальной основы металлокерамических дисков трения танковых трансмиссий // Вестник бронетанковой техники. – 1965. – № 6. – С. 24-41.
3. Держанский В.Б., Тараторкин И.А. Прогнозирование динамической нагруженности гидромеханических трансмиссий транспортных машин: Монография. – Екатеринбург: УрО РАН, 2010. – 176 с.
4. Проектирование трансмиссий автомобиля / Под ред. А.И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1983. – 263 с.
5. Taratorkin Alexandr, Decrease in Dynamic Loading of Transmission Elements of the Vehicle / Taratorkin Alexandr, Derzhanskii Viktor, Taratorkin Igor // Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress, Volume 10: Chassis Systems and Integration Technology. Beijing, 27 - 30 ноября, 2012.: Institute of Technology Press, Beijing - 2012, p. 495-504.
6. Теория колебаний: Учеб. для вузов / Под общ. ред. К.С. Колесникова. – 2-е изд., стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – Т. 4. – 272 с., ил.: (Сер. Механика в техническом университете).
7. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний: Учебное пособие. – 2-е изд., перераб. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 272 с.
8. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. – М.: Машиностроение, 1985. – 435 с.
9. Басов К.А., Мовчан Д.А. ANSYS. Справочник пользователя. – М.: ДМК-Пресс, 2011. – 640 с.

10. Патент на полезную модель № RU 122171 U1 от 20.11.2012. Стенд для определения спектра собственных частот металлокерамических дисков гидромеханических трансмиссий / Держанский В.Б., Тараторкин И.А., Тараторкин А.И., Гизатуллин Ю.Н. Патентообладатель: ООО «НИИ "Мехмаш"».

11. Зальцерман И.М., Каменский Д.М., Онопо А.Д. Фрикционные муфты и тормоза гусеничных машин. – М.: Машиностроение, 1965. – 384 с.

12. Положительное решение по заявке № 2012136760 от 23.07.2013 «Способ исключения резонансных режимов колебаний металлокерамических дисков гидромеханической трансмиссии транспортной машины» / Держанский В.Б., Тараторкин И.А. Патентообладатель: ООО «НИИ "Мехмаш"».

13. S. Sarip, A. J. Day, P. Olley and H. S. Qi, Analysis of the Transient Thermomechanical Behaviour of a Lightweight Brake Disc for a Regenerative Braking System / Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress, Lightweight Design Technology, Beijing, 27 - 30 ноября, 2012.: Institute of Technology Press, Beijing - 2012, p. 1075-1089.

УДК 624.04

ОЦЕНКА КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ASSESSMENT OF CONSTRUCTIVE SAFETY FOR TRANSPORT STRUCTURES

Ключевые слова: диагностика, строительный риск, авария, надёжность, долговечность.

Keywords: diagnostics, construction risk, failure, reliability, durability.

Аннотация

Рассмотрены методы определения расчётного и фактического риска аварий объектов транспортного строительства. Проведена оценка строительного риска при наличии дефектов, появившихся в процессе строительства и эксплуатации сооружения, а также связанных с изменением инженерно-геологических условий или проявлением техногенных процессов.

Annotation

Methods for determining the estimated and the actual risk of accidents of transport constructions are considered. A construction risk assessment subject to defects caused by changes of engineering-geological conditions or by manifestation of anthropogenic processes and which appeared during construction or maintenance of a structure is defined.

Тимофеева Людмила Михайловна

Пермский научно-исследовательский
политехнический университет

профессор, д-р техн. наук,
тел.(342) 237-4825; timoflud@mail.ru

Гейзен Роман Евсеевич

Пермский научно-исследовательский
политехнический университет,
профессор, д-р техн. наук

В настоящей работе рассмотрены методы определения расчётного и фактического риска аварий объектов транспортного строительства в соответствии с Федеральным законом о техническом регулировании и требованиями ГОСТ [1] по расчёту надёжности строительных конструкций и оснований. Под конструктивной безопасностью подразумевается недопустимость риска аварии, связанного с разрушением (отказом) отдельных элементов или сооружения в целом, т.е. обеспечение надёжности и долговечности их работы в соответствии с нормативными требованиями прочности, жёсткости и устойчивости. Надлежащий уровень надёжности в соответствии с ГОСТ обеспечивается с помощью системы коэффициентов надёжности, значения которых учитывают возможные отклонения фактических значений принимаемых или рассчитываемых величин от нормативных. Как показывает опыт эксплуатации транспортных сооружений, их безопасность считается обеспеченной, если фактическое значение риска аварии ниже предельно-допустимого, определяемого стандартом. Под риском аварии понимается число, показывающее, во сколько раз фактическая вероятность отказа выше теоретической, определяемой принятыми проектными и технологическими решениями. При этом допустимый риск лежит в некоторой области, верхней границей которой является нормативное значение риска R_n , представляющее собой максимально-допустимую величину для построенного сооружения (оценка сверху), а нижней границей – предельно-допустимое значение R_n , при котором для эксплуатируемого сооружения необходимо провести его капитальный ремонт или реконструкцию (оценка снизу). Для эксплуатируемых сооружений конструктивная безопасность считается обеспеченной, если фактический риск R_f не превышает предельно допустимого R_n [2].

Риск аварии транспортного сооружения, состоящего из m групп несущих конструкций, можно определить по формуле [2]:

$$R_c = R_o \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_i + \dots + R_m), \quad (1)$$

где R_o – риск аварии нулевого цикла, R_i – риск аварии i -й группы несущих конструкций, вычисляемые по следующим формулам:

$$R_o = 1 / (p_{o1} \cdot p_{o2} \cdot p_{o3} \cdot p_{oi} \cdot \dots \cdot p_{ok}), \quad (2)$$

$$R_i = 1 / (p_{i1} \cdot p_{i2} \cdot p_{i3} \cdot \dots \cdot p_{ij} \cdot \dots \cdot p_{in}), \quad (3)$$

где p_{oi} , p_{ij} – средние уровни надёжности i -й и j -й групп однородных конструкций нулевого цикла и основных несущих элементов транспортных сооружений; n – число групп m -го несущего элемента.

Нормативное R_n и предельно-допустимое R_n значения риска аварии определяются из формул (1) – (3) при $p_{oi} = p_{ij} = p_n$ или $p_{oi} = p_{ij} = p_n$ соответственно.

Средние уровни надёжности p_n и p_n определяются по формулам [2]:

$$p_n = (60,9^{\alpha})^{-1/(n+\varepsilon)}, \quad (4)$$

$$p_n = (60,9^{\alpha} + 1,6)^{-1/(n+\varepsilon)}, \quad (5)$$

где $\varepsilon = \sum n/m$, α – коэффициент, принимае-

мый по табл. 1 в зависимости от ответственности объекта и его ранга; β – коэффициент, принимаемый в зависимости от техногенного и природно-климатического факторов риска.

Коэффициенты β назначаются в зависимости от индексов подверженности территории факторам риска техногенного и природно-климатического характера. Основные индексы подверженности приведены в табл. 2., в которой индекс 1 означает, что территория не подвержена фактору риска, 2 – существует возможность проявления фактора риска, 3 – территория подвержена фактору риска. При этом для расчёта рисков принимается то значение β , для которого $\Sigma(g^*-g)^2 \rightarrow \min$ (g^* , g – назначенный и существующий (фактический) индексы).

Для транспортных сооружений в зависимости от социальных, экономических и экологических последствий их отказа ГОСТ [1] устанавливает три уровня ответственности:

- повышенный (мосты, путепроводы и эстакады с пролётами более 100 м или длиной более 300 м с пролётами свыше 60 м с индивидуальными конструкциями, а также мосты висячих и вантовых систем, различные системы совмещённых мостов с ездой в одном или разных уровнях, различные системы разводных мостов; тоннели и метрополитены);
- нормальный – для сооружений массового строительства (мосты и путепроводы типовых конструкций с пролётами 60 м и менее или длиной менее 300 м, подпорные стенки и др.);
- пониженный – для временных сооружений и объездных дорог.

Каждому уровню ответственности соответствует три ранга: если ответственность ниже назначенного уровня, то ранг равен 1; если соответствует,

то ранг 2; если ответственность выше, то ранг 3.

Фактические риски аварий сооружений определяются по формулам (1) – (3) для фактических средних уровней надёжности однородных групп различных конструкций (ограждений, покрытия и плит проезжей части, опорных частей, ригелей и стоек опор, фундаментов) в зависимости от установленного ранга уровня опасности конструкции при имеющихся дефектах (отклонениях от проекта в процессе строительства или проявившихся в процессе эксплуатации). Фактические средние уровни надёжности в группах в зависимости от вида закона распределения надёжностей приведены в табл.3.

Вид закона устанавливается следующим образом:

- закон А соответствует случаю, когда число бездефектных элементов в группе значительно превышает число дефектных;
- закон Б соответствует примерно равному соотношению дефектных и бездефектных элементов в группе;
- закон В соответствует значительному превышению дефектных элементов.

Ранги уровней опасности назначаются аналогично рангам уровней ответственности сооружений.

Таким образом, для определения риска аварии сооружения необходимо выполнить следующие расчёты:

- определить нормативный и предельно-допустимый уровни надёжности несущих конструкций;
- найти нормативный и предельно-допустимый риски аварий;
- рассчитать фактические риски возведенного транспортного сооружения;
- сопоставить полученные предельные и фактические значения и построить диаграммы результатов расчёта уровней конструктивной безопасности и уровней надёжности групп однородных групп конструкций.

Следует различать три стадии определения

Таблица 1

Значения коэффициента α

Категория ответственности объекта	1			2			3		
Ранг категории	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Значение α	1,80	1,73	1,66	1,59	1,52	1,45	1,38	1,31	1,24

Таблица 2

Индексы подверженности территории расположения объекта внешним факторам риска техногенного и природно-климатического характера

ФАКТОРЫ РИСКА		Стандартные наборы индексов подверженности (g^*) для значений в		
		в=0	в=1	в=2
1	Подтопление сооружений, размывы	1	2	3
2	Подземные выработки, закарстованность территории	1	2	3
3	Оползневые процессы	1	2	3
4	Наличие вечной мерзлоты	1	2	3
5	Структурно-неустойчивые грунты	1	2	3
6	Слабые водонасыщенные грунты большой мощности	1	2	3
7	Сейсмические явления	1	2	3

Таблица 3

Фактические средние уровни в группах однородных несущих конструкций

Уровень опасности «слабой» конструкции	Наличие дефектов или отклонений в «слабых» элементах групп конструкций	Ранг уровня опасности	Фактический средний уровень надёжности группы однородных несущих конструкций в зависимости от вида (А,Б,В) закона распределения надёжностей в группе		
			А	Б	В
0	Дефекты и отклонения отсутствуют	-	0,988	-	-
1	Отклонения незначительные, отдельные дефекты Д1, Б1	1	0,974	0,973	0,963
		2	0,960	0,959	0,945
		3	0,948	0,946	0,927
2	Отклонения существенные, многочисленные дефекты Д1, Б1	1	0,936	0,933	0,911
		2	0,926	0,921	0,894
		3	0,907	0,899	0,865
3	Отклонения значительные, отдельные дефекты Д2, Б2	1	0,890	0,876	0,835
		2	0,874	0,854	0,805
		3	0,862	0,835	0,779
4	Отклонения очень значительные, многочисленные дефекты Д2, Б2	1	0,852	0,816	0,755
		2	0,843	0,798	0,730
		3	0,838	0,782	0,709
5	Отклонения превышают нормативные, дефекты групп Б3, Д3	- (аварийный)	0,835	0,766	0,688

конструктивной безопасности сооружений: проектно-строительную и эксплуатационную.

При проектировании уровень риска зависит от правильности принятой расчётной схемы, достоверной оценки эксплуатационных транспортных нагрузок и физико-механических свойств используемых материалов. При этом отклонение действительной работы сооружений от теоретических представлений учитывается с помощью системы коэффициентов надёжности. Принятые расчётные модели с обеспеченностью не менее 95% должны отражать реальную работу конструкций.

Как отмечает проф. Л.И. Иосилевский: «В процессе проектирования крайне важно уметь оценить остаточный уровень риска и предвидеть возможные последствия, если в эксплуатации установленные нормами уровни нагрузок и прочностные возможности материалов в рабочих сечениях не будут соблюдены» [5]. Им предложены 3 класса конструктивной безопасности в зависимо-

сти от расчётов, обеспечивающих эксплуатационную пригодность конструкций (сооружений): **к первому классу** относятся расчёты по деформациям и трещиностойкости; **ко второму классу** – локальные расчёты прочности отдельных узлов и элементов; **к третьему классу** – расчёты общей устойчивости (прочности) сооружения против обрушения.

Соответствие этих классов возможным экономическим и социальным последствиям приведено в табл.4 [5].

Оценка надёжности и строительного риска, связанных с проектированием железобетонных мостов, подробно рассмотрены Л.И. Иосилевским в [5]. Однако предлагаемые им подходы можно использовать также при расчётах строительных рисков других транспортных сооружений (деревянных и металлических мостов, транспортных тоннелей и др.).

Таблица 4

Класс безопасности	Возможные последствия повреждений и отказов
1	Нет опасности для жизни людей; повреждения могут быть устранены; экономические последствия незначительны
2	Возможна опасность для транспортного движения и жизни людей, значительные экономические последствия
3	Опасность для жизни многих людей, аварии транспорта, прекращение движения на длительные сроки, очень серьёзные экономические последствия

Аналогичная классификация может быть применена при определении конструктивной безопасности сооружений, связанной с нарушениями в процессе изготовления конструкций и технологии их возведения. Отсутствие или недостаточный контроль качества изготовления и монтажа конструкций могут привести к значительным экономическим потерям и проявлению в процессе последующей эксплуатации сооружения серьёзных дефектов, влияющих на эксплуатационные свойства транспортных сооружений и безопасность движения транспорта. При приёмке построенных сооружений оценивается их техническое состояние с учётом имеющихся дефектов в соответствии с «Инструкцией по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах» [4]. При этом рассматриваются три категории неисправностей, влияющих на долговечность сооружений и безопасность движения:

1-я категория – незначительные повреждения или отдельные мелкие, легко устранимые дефекты, не влияющие на долговечность конструкций и безопасность движения;

2-я категория – неисправности, повреждения, требующие ремонта и влияющие на долговечность отдельных конструкций и безопасность движения;

3-я категория – дефекты и повреждения, влияющие на нормальную эксплуатацию сооружений и создающие угрозу безопасности движения.

В зависимости от категории неисправностей назначаются режимы движения и эксплуатации сооружений.

Сопоставляя методы определения конструктивной безопасности транспортных сооружений, можно заметить, что все они основаны на статистической оценке технического состояния отдельных элементов, конструкций, их групп и сооружений в целом. Строительный риск связан с наличием «слабого звена», разрушение которого может привести к потере устойчивости сооружения в целом, как это произошло с опорой путепровода в г. Екатеринбурге, несущая способность которой определялась прочностью единственной опорной стойки, т.е. по сути надёжность сооружения зависела от качества изготовления одного элемента. В последнее время получили распространение мосты, пролёты которых опираются на двухстоечные опоры, представляющие собой длинные сваи, заглубленные в структурно-неустойчивые грунты. Неравномерные осадки таких опор приводят к смещению и деформациям балок пролётных строений и даже к их обрушению. Оценка безопасности таких сооружений должна проводиться с учётом не только имеющихся внешних факторов риска, но и расчётного прогноза устойчивости опор при наличии «слабого звена».

Методика, изложенная в [2], позволяет также оценить конструктивную безопасность существующих сооружений в связи с требованиями нового

ГОСТ Р «Нормативные нагрузки, расчётные схемы нагружения и габариты приближения». Как показали расчёты, проведенные в «НИЛ ТРАНСМОСТ» проф. Р.Е. Гейзенем, большинство эксплуатируемых мостов не удовлетворяют этим требованиям. Для их реконструкции необходимо провести тщательное обследование с установлением конструктивной безопасности всех элементов, выявлением «слабого звена» и определением строительного риска.

Список литературы

1. ГОСТ 27751-88. Надёжность строительных конструкций и оснований. – М.: Госстрой СССР, 1988. – 5 с.
2. Стандарт конструктивной безопасности зданий, строений и сооружений (Габрин К.Э., Мельников А.П., Мальчаков Е.А.) / Территориальные строительные нормы. – Екатеринбург, 2004. – 22 с.
3. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 214 с.
4. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах (ВСН 4-81) / Минавтодор РСФСР. – М.: Транспорт, 1981. – 32 с.
5. Иосилевский Л.И. Практические методы управления надёжностью железобетонных мостов. – М.: Науч.-изд. центр «Инженер», 2001. – 324 с.

УДК 539.42:620

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТНОЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОПРОВОДА ИСХОДЯ ИЗ УСЛОВИЙ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ

ASSESSMENT OF INDICATORS OF THE STRENGTH RELIABILITY OF THE GAS PIPELINE PROCEEDING FROM CONDITIONS OF ITS OPERATION

Ключевые слова: магистральный газопровод, линейная часть, прочностная надёжность, коэффициент запаса прочности

Keywords: gas-main pipeline, the linear part, strength, reliability, factor of safety

Аннотация

Рассмотрено влияние условий нагружения (температуры и давления) линейных участков газопровода Уренгой – Сургут – Челябинск на функцию распределения коэффициента запаса прочности. Представлены результаты и анализ распределения коэффициента запаса прочности для участков нагнетания пятнадцати компрессорных станций магистрального газопровода Уренгой – Сургут – Челябинск.

Annotation

The influence of loading conditions (temperature and pressure) linear sections of the gas pipeline Urengoy - Surgut - Chelyabinsk for the distribution

function of the factor of safety. Presents the results and analysis of the distribution of factor of safety for sites discharge fifteen compressor stations of the main gas pipeline Urengoy - Surgut - Chelyabinsk.

Филатов Анатолий Алексеевич
начальник управления, ОАО «Газпром»

Для решения задачи расчета вероятности безотказной работы участков магистрального газопровода Уренгой – Сургут – Челябинск в работе [1] использованы методы непараметрической статистики, основные алгоритмы которой изложены в монографии [2]. В развитие этих методов в статьях [3; 4] разработаны алгоритмы расчета коэффициента запаса прочности трубопровода (n_σ), функция плотности распределения которого $f_n(n_\sigma)$ восстанавливается с использованием ядерных функций и оценок Парзена-Розенблатта [2] на основе выборки значений $n_{\sigma i}, i = \overline{1, m}$, $m = 365$ (объем выборки определяется числом ежедневно фиксируемых в течение года САУ ГПА на каждой компрессорной станции КС величин температуры и давлений нагнетания газа, на основе которых рассчитываются значения возникающих в стенке газопровода напряжений).

Имея функцию $f_n(n_\sigma)$, для n_σ можно рассчи-

тать любые значения квантилей n_σ^α путем численного решения относительно заданной величины вероятности ($\alpha = const$) следующего уравнения:

$$\int_0^{n_\sigma^\alpha} f_n(n_\sigma) dn_\sigma = \alpha. \quad (1)$$

В настоящей статье, в продолжение результатов работы [1], рассматривается влияние условий эксплуатации магистрального газопровода Уренгой – Сургут – Челябинск (температуры и давления нагнетаемого газа) на функцию распределения коэффициента запаса прочности $f_n(n_\sigma)$ его линейных участков, на основе которой по уравнению (1) рассчитан ряд квантильных оценок n_σ^α .

При выполнении расчетов принято: наружный диаметр трубы 1420 мм; толщина стенки трубы 20 мм; материал – сталь 17ГС; труба имеет коррозионный дефект длиной 300 мм и глубиной 10 мм. Предел прочности (s) материала трубы подчиняется цензурируемому слева $s_{\min} = \min_i \{s_i\}$ и

справа $s_{\max} = \max_i \{s_i\}$ закону Грамма-Шарлье [5],

функция плотности которого $f_s(s)$ имеет вид:

$$f_s(s) = \frac{1}{\lambda_2 \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(u_s)^2}{2}\right] \left\{ 1 + \frac{\lambda_3}{6} [(u_s)^3 - (u_s)] - \frac{\lambda_4}{24} [(u_s)^4 - 5(u_s)^2 + 3] \right\} \times \frac{1}{c_s}, \quad (2)$$

где

$$c_s = \int_{s_{\min}}^{s_{\max}} p_s(s) ds; \quad p_s(s) = \frac{1}{\lambda_2 \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(u_s)^2}{2}\right] \left\{ 1 + \frac{\lambda_3}{6} [(u_s)^3 - (u_s)] - \frac{\lambda_4}{24} [(u_s)^4 - 5(u_s)^2 + 3] \right\},$$

$u_s = \frac{s - \lambda_1}{\lambda_2}$; λ_1 и λ_2 – среднее значение и среднеквадратичное отклонение случайной величины

s ; $\lambda_3 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (s_i - \lambda_1)^3$; $\lambda_4 = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^m (s_i - \lambda_1)^4 - 3$ – соответственно асимметрия и эксцесс случайной величины.

Параметры закона (2) для стали 17ГС определены в работе [5] на основе выборки и имеют значения: $\lambda_1 = 570,9$ МПа; $\lambda_2 = 19,3$ МПа; $\lambda_3 = 0,1480$; $\lambda_4 = 0,0209$; $\lambda_5 = 53$ МПа; $\lambda_6 = 600$ МПа. Функция предела прочности показана на рис. 1.

Учет влияния коррозионного дефекта на уровень возникающих в трубе напряжений выполнен в соответствии с методикой работы [5] через коэффициент концентрации напряжений, величина которого составила 1,46754.

Результаты восстановления методами непараметрической статистики функции $f_n(n_\sigma)$ плотности распределения коэффициента запаса прочности для участков нагнетания 15-компрессорных станций газопровода Уренгой – Сургут – Челябинск представлены в табл. 1.

Анализ представленных в табл. 1 квантильных оценок коэффициента запаса свидетельствует, что при одинаковых геометрических размерах и механических свойствах трубы коэффициент запаса превышает нормативную величину 1,2 лишь на линейных участках КС Ягнетская, Пурпейская, Губкинс-

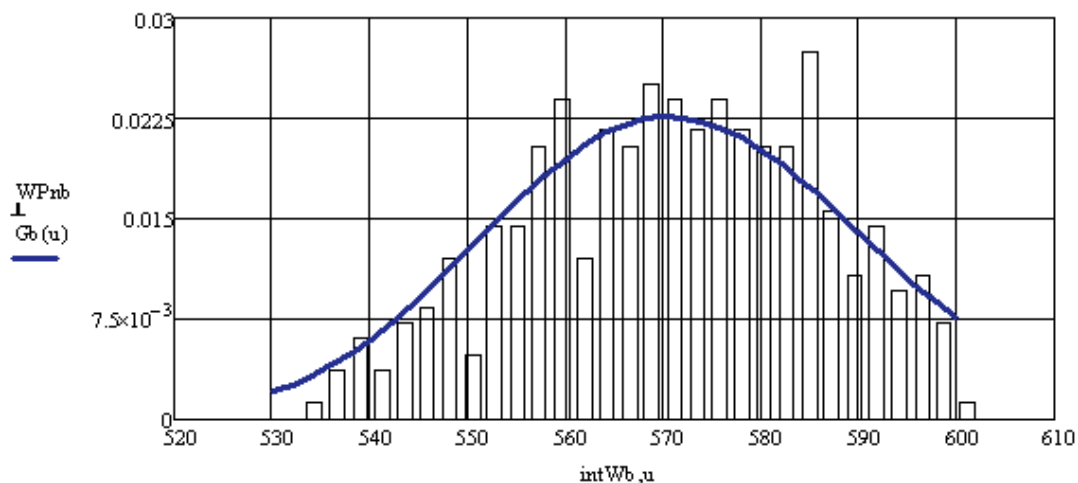
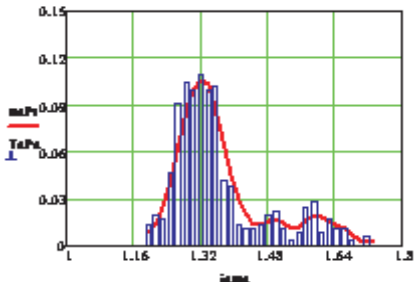
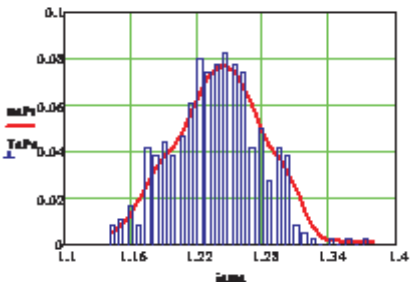
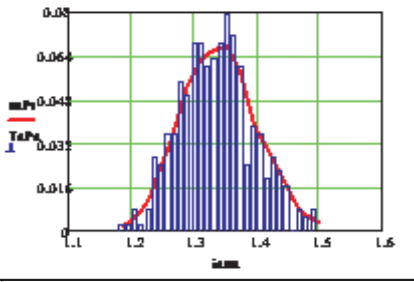
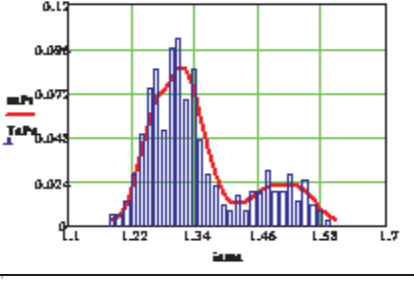
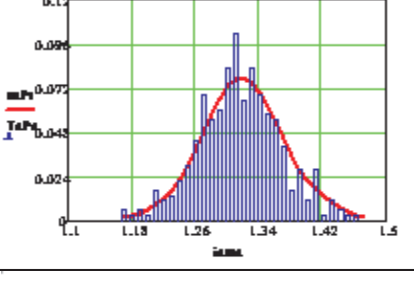
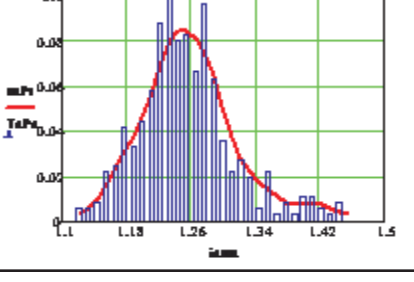


Рис. 1. Функция $f_S(s)$ предела прочности стали 17ГС

Таблица 1

Функции $f_n(n_\sigma)$ плотности распределения и значения коэффициентов запаса прочности для линейных участков газопровода Уренгой – Сургут – Челябинск

Функция $f_n(n_\sigma)$	Компрессорная станция (КС) и расчет n_σ^α при α :				
	0,005	0,010	0,050	0,100	0,5000
	КС-ГКС				
	1,18205	1,19417	1,23122	1,25246	1,33403
	КС-Ягнететская				
	1,23430	1,24633	1,28296	1,30441	1,38765
	КС-Пурпейская				
	1,39145	1,40151	1,43731	1,45908	1,53961

	КС-Губкинская				
	1,18945	1,20115	1,23995	1,26098	1,33953
	КС-Вынгапуровская				
	1,14163	1,14874	1,17182	1,18526	1,24195
Функция $f_n(n_\sigma)$	Компрессорная станция (КС) и расчет n_σ^α при α :				
	0,005	0,010	0,050	0,100	0,5000
	КС-Ортыгунская				
	1,19555	1,20806	1,24342	1,26275	1,33900
	КС-Аганская				
	1,18996	1,20163	1,23217	1,24848	1,32329
	КС-Приобская				
	1,17470	1,18887	1,23139	1,25276	1,32025
	КС-Южно-Балыкская				
	1,12593	1,13635	1,16707	1,18555	1,25419

0		КС-Демьянская				
		1,10660	1,11835	1,154695	1,17329	1,24516
1		Компрессорная станция (КС) и расчет n_{σ}^{α} при α :				
		0,005	0,010	0,050	0,100	0,5000
2		КС-Туртасская				
		1,07715	1,09160	1,13276	1,15566	1,24229
3		КС-Тобольская				
		1,13222	1,14299	1,17579	1,19558	1,27178
4		КС-Ярковская				
		1,12693	1,13820	1,17129	1,19062	1,26611
5		КС-Богандинская				
		1,08374	1,09543	1,12916	1,147255	1,22755 7
5		КС-Самсоновская				
		1,10907	1,12002	1,15073	1,16819	1,23876

кая, Ортыгунская и Аганская (при допустимой вероятности $\alpha = 0,01$). На остальных КС коррозионный дефект с приведенными выше параметрами приводит к величине коэффициента запаса меньшей, чем 1,2. Наиболее опасными при заданных условиях нагружения трубопровода являются линейные участки КС Туртасская и Богандинская, для которых коэффициент запаса прочности менее 1,1.

Использование рассчитанной информации позволяет значительно расширить перечень показателей для оценки прочностной надежности газопровода и вскрыть его опасные линейные участки.

Список литературы

1. Сызранцев В.Н., Голофаст С.Л. Вероятностная оценка прочностной надежности трубопроводов // Трубопроводный транспорт (теория и практика). – 2011. – №5. – С.14-22.
2. Сызранцев В.Н., Невелев Я.П., Голофаст С.Л. Расчет прочностной надежности изделий на основе методов непараметрической статистики. – Новосибирск: Наука, 2008. – 218 с.
3. Сызранцев В.Н., Новоселов В.В., Голофаст С.Л. Расчет коэффициента запаса в трубопроводах с коррозионными дефектами // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2011. – №4. – С.74-78.
4. Сызранцев В.Н., Голофаст С.Л., Филатов А.А. К расчету коэффициента запаса прочности, обеспечивающего безопасную эксплуатацию участков газопровода с коррозионными дефектами: безопасность критических инфраструктур и территорий: Материалы V Всесоюзной конференции и XV школы молодых ученых. – Екатеринбург: УрО РАН, 2012. – С.44-47.
5. Бирилло И.Н., Яковлев А.Я., Теплинский Ю.А. и др. Оценка прочностного ресурса газопроводных труб с коррозионными повреждениями / Под общей редакцией д-ра техн. наук, профессора И.Ю. Быкова. – М.: Изд.ЦентрЛит-НефтеГаз, 2008. – 168 с.

УДК 631.362

УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ ОТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

PURIFICATION PRODUCTS FROM LOOSE METALLIC IMPURITIES

Ключевые слова: электромагнитный сепаратор, металлические примеси, установка, очистка, концентратор, индукция.

Keywords: electromagnetic separator, metal impurities, installation, cleaning, hub induction.

Аннотация

В статье приводится комплекс машин по очистке сухих сыпучих продуктов от металлических примесей. Обосновывается принцип их работы. Даются устройство и их основные характеристики.

Annotaion

The article provides a set of machines for cleaning dry bulk products from metal impurities. Substantiates

the principle of their work. Given device, and their main characteristics.

Чарыков Виктор Иванович

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, д-р техн. наук, профессор, тел.(835231)4-41-42; Viktor52-chimesh@yandex.ru

Газиев Алишер Хошимович

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, канд. техн. наук, доцент, тел.(835231)4-41-42

Копытин Игорь Иванович

Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, доцент

Качество продукта – совокупность определенных свойств продукта, обуславливающих его способность удовлетворять конкретные запросы и требования потребителей. Качество продуктов характеризуется системой качественных показателей, имеющих количественное значение.

В каждом кластере мероприятия по улучшению качества продукта по фактору металловключений разрабатываются с учетом анализа качества полученной продукции и возможности улучшения экономических условий ведения хозяйства, в частности внедрение в производство достижений науки и техники.

Электромагнитный метод обогащения основан на использовании различий магнитных свойств материалов, подлежащих разделению. Разделение в электромагнитном поле под влиянием магнитных сил осуществляется способом удержания, извлечения и их комбинации. В дальнейшем данный процесс будем называть сепарацией, а электромагнитные установки – электромагнитными сепараторами. Все электромагнитные сепараторы, выпускаемые серийно, работают или по принципу «извлечения» («магнитная шайба»), или по принципу «удержания» («магнитный шкив»).

Рассмотрим работу серийных сепараторов [1]. При применении установок, работающих по принципу «удержания», типа «магнитный шкив» металлическая частица, которая расположена на поверхности слоя, должна преодолеть силу сопротивления F_c при сходе материала с ленты конвейера.

Не производя детального анализа силового взаимодействия системы «частица – масса сепарируемого материала – «магнитный шкив», следует отметить, что преодолеть сопротивление массы сепарируемого материала при малых размерах частиц при таком способе сепарации весьма трудно и этот способ сепарации может быть рекомендован только для предварительной сепарации.

При применении сепараторов типа «магнитная шайба», работающих на принципе «извлечения» металлических частиц из слоя сепарируемого материала, сила сопротивления F_c будет также

весьма большой. Учитывая, что расстояние от извлекаемой частицы до поверхности полюса здесь будет значительно больше, т.к. необходимо по условиям эксплуатации между лентой конвейера и полюсом магнита предусматривать определенный зазор, то сила магнитного притяжения F_m при одной и той же магнитодвижущей силе будет значительно меньше. Поэтому следует признать, что применение этого способа для магнитной сепарации сухой массы мелкого помола будет малоэффективно. Однако именно эти способы магнитной сепарации нашли применение в конструкциях сепараторов, выпускаемых промышленностью практически во всех ее отраслях.

Рассмотрим возможные пути повышения эффективности электромагнитных сепараторов.

Анализ работы магнитных сепараторов показывает, что увеличение силы магнитного притяжения при неизменной технологии производства возможно лишь за счёт увеличения индукции магнитного поля B .

Существенное повышение уровня B может быть достигнуто лишь при создании замкнутой магнитной системы и применения специальных устройств – концентраторов магнитного поля.

Исследованиями, проведенными нами, установлено, что для повышения B в рабочей зоне сепаратора целесообразно применение концентраторов магнитного поля специальных форм.

Для уменьшения силы сопротивления F_c считаем рациональным производить разделение немагнитной и магнитной фракций в процессе свободного падения разрыхленной сепарируемой массы в вертикальной рабочей зоне. Если путь разделения выбран достаточно большим, то эффективность сепарации может быть весьма высокой.

Магнитное поле между полюсами создается катушками намагничивания за счет прохождения через них электрического тока I . Электрический ток, текущий в контуре катушки, создает магнитный поток Φ . Зависимость магнитного потока от силы тока общеизвестна:

$$\Phi = \alpha \cdot I, \quad (1)$$

где α – индуктивность катушки.

Однако линейная зависимость магнитного потока от силы тока наблюдается только в том случае, если магнитная проницаемость μ среды не зависит от напряженности поля H . В противном случае μ является сложной функцией от силы тока I , поскольку

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot H. \quad (2)$$

где μ_0 – магнитная проницаемость в вакууме, Гн/м;

B – магнитная индукция, Тл;

При неизменной силе тока I полный магнитный поток Φ может изменяться за счет изменения формы и размеров катушки. Следовательно, и индук-

тивность α зависит от формы, размеров катушки и от магнитных свойств окружающей среды. Определим индуктивность катушки.

Если условно принять длину катушки бесконечно большой, то при протекании по ней тока I возбуждается однородное поле, индукция которого

$$B = \mu_0 \cdot \mu \cdot n \cdot I, \quad (3)$$

где n – число витков катушки, приходящееся на единицу длины.

Магнитный поток через каждый из витков равен

$$\Phi = B \cdot S, \quad (4)$$

где S – площадь поперечного сечения, м².

Полный магнитный поток (потокосцепление).

$$\psi = N \cdot \Phi = n \cdot \ell \cdot B \cdot S = \mu_0 \cdot \mu \cdot n^2 \cdot \ell \cdot S \cdot I, \quad (5)$$

где ℓ – длина катушки,

$N = n \cdot \ell$ – полное число витков катушки.

Сопоставляя формулы (1) и (4), получим для индуктивности катушки следующее выражение

$$\alpha = \mu_0 \cdot \mu \cdot n^2 \cdot \ell \cdot S = \mu_0 \cdot \mu \cdot n^2 \cdot V, \quad (6)$$

где $V = \ell \cdot S$ – объем катушки.

Проводник с индуктивностью α , по которому течет ток I , обладает энергией W :

$$W = \frac{\alpha \cdot I^2}{2}. \quad (7)$$

Эта энергия локализована в возбуждаемом током магнитном поле. Выразим энергию магнитного поля через величины, характеризующие само поле. В случае очень длинной катушки индуктивность катушки выражается формулой (6). Напряженность поля H бесконечно длинной катушки равна произведению силы тока I на число витков, приходящееся на единицу длины n .

$$H = nI. \quad (8)$$

Из формулы (8) имеем следующее значение I :

$$I = \frac{H}{n}. \quad (9)$$

Подставляя значение индуктивности α из формулы (6) и значение тока I из формулы (9), получим следующее значение энергии W :

$$W = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} V. \quad (10)$$

Выражая напряженность магнитного поля H через магнитную индукцию (3), получим

$$W = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} V. \quad (11)$$

Магнитное поле бесконечно длинной катушки локализовано внутри катушки и распределено по ее объему с постоянной плотностью ω , которую можно найти, разделив W на V . Производя это

деление, получим

$$\omega = \frac{B^2}{2\mu_0\mu} \quad (12)$$

Зная плотность энергии магнитного поля в каждой точке, можно найти энергию поля в любом объеме V . Для этого нужно вычислить интеграл

$$W = \int_V \omega dV = \int_V \frac{B^2}{2\mu_0\mu} dV \quad (13)$$

Поскольку металлическая частица будет занимать в магнитном поле объем, равный объему частицы, то энергию этого объема можно определить как

$$W = \int_{V_r} \frac{B^2}{2\mu_0\mu} dV = \frac{B^2}{2\mu_0\mu} \int_{V_r} dV = \frac{B^2}{2\mu_0\mu} \cdot V_r, \quad (14)$$

где V_r – объем частицы.

На металлическую частицу, помещенную в магнитное поле, действует магнитная сила $F_m = -grad W$ [2]. Подставляя в эту формулу значение потенциальной энергии W из формулы (14), имеем

$$F_m = -grad \frac{B^2 V_r}{2\mu_0\mu} = -\frac{V_r}{2\mu_0\mu} \cdot grad B^2. \quad (15)$$

Многочисленные эксперименты с опытными электромагнитными сепараторами позволили выразить магнитную индукцию в следующем виде:

$$B = B_{\max} - \Delta B \left(1 - e^{\frac{-d_i}{d_n}} \right). \quad (16)$$

где B_{\max} – максимальное значение магнитной индукции, Тл;

$$\Delta B = B_{\max} - B_{\min}$$

B_{\min} – минимальное значение магнитной индукции, Тл;

d_n – эмпирический коэффициент (конструктивная постоянная);

d_i – расстояние точки измерения магнитной индукции от активного полюса, м.

Поскольку нас интересует значение магнитной силы, действующей в направлении оси x , подставим в формулу (15) значение производной по x . Получим следующее значение магнитной силы, действующей на частицу вдоль оси x .

$$\begin{aligned} F_m &= -\frac{V_r}{2\mu_0\mu} \frac{d}{dx} \left[B_{\max} - \Delta B \left(1 - e^{\frac{-x}{d_n}} \right) \right]^2 = \\ &= \frac{V_r \Delta B}{\mu_0\mu d_n} \left[B_{\min} \cdot e^{\frac{-x}{d_n}} + \Delta B \cdot e^{\frac{-x}{d_n}} \right]. \end{aligned} \quad (17)$$

Полученная формула является расчетной при определении параметров электромагнитного сепаратора.

На основе проведенных исследований произведена конструктивная разработка установки для сухой сепарации (условное название УСС) (рис. 1).

Электромагнитный сепаратор УСС – 5М содержит магнитопровод 1 с полюсными наконечниками 2, катушки намагничивания 3, выемной блок продуктопровода 4 с укрепленными на внутренних боковых стенках концентраторами глубинной 5 и поверхностной 6 сепарации, клиновидный распределитель материала 7, опорных роликов 8, расположенных на кронштейне 9. Концентраторы 5 глубинной сепарации содержат на боковых поверхностях дырочные концентраторы, а на торцевых – насечку. Под клиновидным распределителем 7 на осях 10, расположенных горизонтально и параллельно полюсным наконечникам 2, шарнирно закреплены полиградиентные элементы, содержащие втулки 12 с возможностью поворота на оси 10, и стержни 11, жестко укрепленные на втулках 12. Угол поворота стержней 11 не превышает 90°. Полюсные наконечники образуют своими внутренними поверхностями в верхней части конусную щель, симметричную относительно вертикали, переходящую в нижней части в щель постоянного сечения. Выемной блок 4 выполнен по форме межполюсного пространства с возможностью выдвижения на опорные ролики 8 кронштейна 9 для удаления налипших металлических примесей. В нижней части выемного блока концентраторы поверхностной сепарации образуют лабиринтную щель размерами (минимальными) 33x390 мм.

Электромагнитный сепаратор работает следующим образом. При подаче напряжения на катушки намагничивания 3 в межполюсном пространстве создается неоднородное магнитное поле. Сепарируемый сыпучий материал клиновидным распределителем 7 подается на боковые стенки выемного блока продуктопровода 4. Благодаря наличию концентраторов поверхностной 6 и глубинной 5 сепарации, магнитные частицы удаляются из сыпучей смеси, при этом они не сбиваются потоком материала с концентраторов, так как на концентраторах поверхностной сепарации они имеют «укрытия» в виде впадины, расположенной между нижней торцевой гранью вышележащей пластины и боковой плоскостью нижележащей пластины, а на концентраторах 5 глубинной сепарации – внутри отверстий 10. Поворотные концентраторы индукции 11 поворачиваются на осях 10 на угол не более 90° и занимают положение 13 (показано пунктиром) с расположением стержней 11 вдоль магнитных силовых линий, усиливая магнитную индукцию в зоне сепарации. Благодаря наличию поворотных полиградиентных элементов увеличивается извлечение магнитных включений, особенно в центре съемного блока. При прохождении крупных частиц и комков стержни 11 отклоняются вниз, поворачиваясь вокруг оси 10, пропуская негабаритный материал. То же

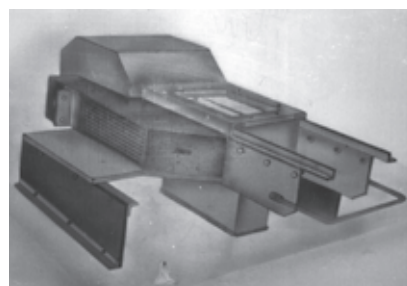
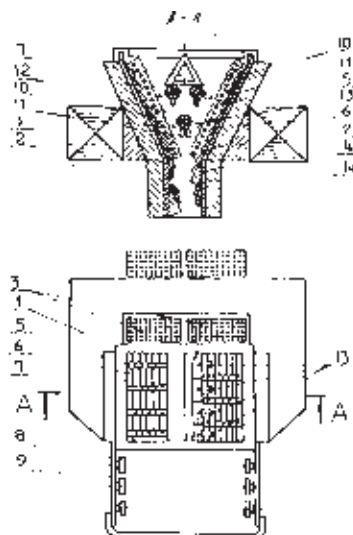
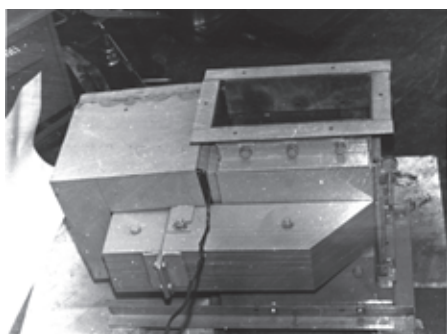
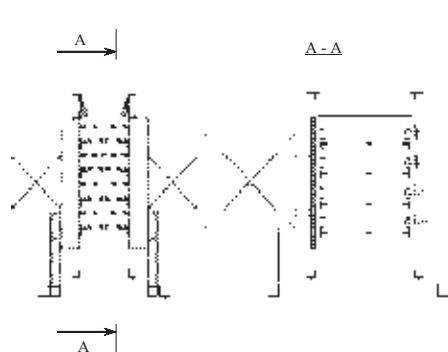


Рис. 1. Электромагнитные сепараторы УСС

самое происходит при увеличении объема проходящего материала.

При завершении процесса сепарации выемный блок 4 выдвигается из межполюсного пространства на опорные ролики 8 кронштейна 9, после чего происходит размагничивание всех видов концентраторов выемного блока и удаление налипших на них металлических примесей. В случае возможного забивания материала в выемном блоке продуктопровода предусмотрен рыхлитель с ручным приводом.

Выполнение симметричной конусной щели в межполюсном пространстве магнитной системы, применение выемного блока из ферромагнитного материала с концентраторами поверхностной и глубинной сепарации на боковых стенках обеспечивают высокую эффективность сепарации при большой производительности установки, надежную и длительную работу. Производительность данной установки составляет 5000 кг/ч [2].

Таким образом, решены следующие проблемы сепарирования сыпучих материалов:

- достигнута универсальность сепараторов серии УСС, которая позволяет использовать их без замены рабочих органов при минимальном объеме технологических регулировок для отделения металлопримесей в любых сыпучих материалах;
- конструктивное исполнение электромагнитного сепаратора допускает простой восстановитель-

ный ремонт его деталей, а технология изготовления практически безотходная.

Благодаря указанным особенностям электромагнитные сепараторы серии УСС могут служить базой для внедрения гибких технологий в процессах очистки сухих сыпучих материалов. Конструкция сепаратора УСС позволяет создать на его основе параметрический ряд машин производительностью до 50 т/ч многоцелевого назначения.

Список литературы

1. Сумцов В.Ф. Электромагнитные железоотделители. – М.: Машиностроение, 1981. – 212 с.
2. Чарыков В.И., Зуев В.С., Маянцев А.В. и др. Вопросы теории и инновационных решений при конструировании электромагнитных железоотделителей. – Курган: Изд-во КГУ, 2010. – 238 с.

УДК 156.13

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЪЁМОВ ПАРТИЙ ПОСТАВОК В МЕЖТЕРМИНАЛЬНЫХ СООБЩЕНИЯХ

DEVELOPMENT A METHOD OF VOLUME OPTIMIZATION OF TRANSIT GOODS LOTS IN TERMINAL TO TERMINAL COMMUNICATIONS

Ключевые слова: оптимизация, транзитные сообщения, методика, грузовой модуль, транспортировка, хранение запасов.

Keywords: optimization, transit communications, method, cargo modules, intermodal transportation, custody of stocks.

Аннотация

В статье авторами предложена методика оптимизации объёма партий транзитных грузов в межтерминальных сообщениях. Разработана модель формирования тарифа в зависимости от количества грузовых модулей.

Annotation

The authors of article proposed a method of volume optimization of transit goods lots in terminal-to-terminal communications. Also, the authors developed the model of costs and tariffs for cargo transportation and storage of stocks depending on the amount of cargo modules.

Альметова Злата Викторовна

Южно-Уральский государственный
университет (НИУ),

старший преподаватель кафедры «Эксплуатация
автомобильного транспорта»,

тел. (3512) 67-91-21; zлата.almetova@yandex.ru

Ларин Олег Николаевич

Южно-Уральский государственный
университет (НИУ),

д-р техн. наук, профессор кафедры «Эксплуатация
автомобильного транспорта»,

тел. (3512) 67-91-21; larin_on@mail.ru

Анализ научных источников показывает, что существующие методы расчёта оптимального объёма поставок грузов в межтерминальных сообщениях, в том числе широко известная формула Уилсона, не в полной мере учитывают особенности формирования затрат на транспортировку

грузов и их хранение в запасе [2; 4; 5]. Эмпирические данные о тарифной политике экспедиторских компаний всех видов транспорта свидетельствуют о том, что в условиях рыночной конкуренции поставка крупных партий товаров осуществляется по более низким тарифам. Результаты теоретических исследований и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что для процесса формирования затрат на хранение грузов в терминалах характерны дискретные изменения в связи с периодическим накоплением и расходом объёмов запасов, величина которых напрямую зависит от соотношения интенсивностей поставок и отгрузки грузов [1; 3; 4].

Для отображения дискретного характера процесса накопления и расходования запасов в моделях расчёта затрат на транспортировку и хранение запасов предлагается использовать в качестве переменной величины категорию «грузовой модуль», под которым понимается конструктивно или технологически обособленная партия груза, размещенная в транспортном средстве, прицепе, вагоне, контейнере, на поддоне и пр.

Объем перевозимого груза q_{mp} одним транспортным средством зависит от количества размещенных на нем грузовых модулей m_q и фактического объёма загрузки грузового модуля q_ϕ , который определяется с учётом его номинальной грузоподъёмности q_n и коэффициента её использования g :

$$q_{mp} = q_\phi \cdot m_q = (q_n \cdot m_q) / g, \text{ т.} \quad (1)$$

Для разных видов транспорта и классов грузов тариф на перевозку S_p , как правило, имеет обратную зависимость от общего объёма перевозимой партии груза q_{mp} , который при постоянном значении фактического объёма груза q_ϕ в одном модуле зависит от количества грузовых модулей m_q в партии. Конкретная величина тарифа S_i определяется рыночными условиями и устанавливается транспортными компаниями в диапазоне от максимального значения $S_{i\max}$ при $m_q = 1$ до минимального значения $S_{i\min}$ при $m_q = m_Q$:

$$m_Q = Q_p / q_\phi = Q_r / q_\phi, \text{ ед.,} \quad (2)$$

где m_Q – общее количество грузовых модулей m_q (ед.) с фактической грузоподъёмностью q_ϕ , перевозка которого необходима для перевозки всего объёма поставки Q_p товаров в транзитный терминал, т;

Q_r – общий объём отгрузки товаров из терминала получателям, т.

Предлагается следующая модель расчёта тарифа S_i в зависимости от количества грузовых модулей m_q :

$$f(S_h) = S_l - (a_q \cdot S_l \cdot (m_q - 1)) \cdot m_Q = S_l - (a_q \cdot S_l \cdot (m_q - 1) \cdot q_\phi) / Q_r, \quad (3)$$

где a_q – параметр модели, отражающий уровень снижения тарифа в зависимости от объема перевозимого груза (от количества перевозимых модулей).

Показатель a_q может быть определен расчётным путём:

$$a_q = (S_{l_{\max}} - S_{l_{\min}}) / S_{l_{\max}}. \quad (4)$$

Анализ тарифов транспортных и экспедиторских компаний показывает, что значение параметра a_q находится в пределах от 0,1 до 0,7.

Затраты на транспортировку Z_c с учётом функциональной зависимости тарифа на транспортировку от количества грузовых модулей m_q определяются по формуле:

$$Z_c = (S_l - (a_q \cdot S_l \cdot (m_q - 1) \cdot q_\phi) / Q_r) \cdot q_{mp} \cdot n_p \cdot l, \text{руб.}, \quad (5)$$

где l – расстояние межтерминальной транспортировки поставляемой партии товара в объёме q_{mp} , км;

n_p – количество поставок в объёме q_{mp} , необходимых для завоза всего объёма поставки Q_p :

$$n_p = Q_p / q_{mp} = Q_r / (q_\phi \cdot m_q), \text{ед.} \quad (6)$$

Затраты на хранение товаров на терминале Z_s зависят от соотношения объёма поставляемых q_{mp} и отгружаемых товаров Q_m , величины интервалов движения I и периодичности отгрузок товаров получателям T_m и, в конечном счёте, от количества грузовых модулей m_q [1; 3; 4]:

$$Z_s = \frac{S_s}{2} \cdot \left(\frac{Q_m \cdot I}{T_m} + Q_m \right) \cdot n_p \cdot I + \frac{S_s}{2} \cdot (\Delta Q_s \cdot n_p + \Delta Q_s) \cdot n_p \cdot I + \frac{S_s}{2} \cdot (\Delta Q_s \cdot n_p + Q_m) \cdot (T_r - n_p \cdot I), \text{руб.}, \quad (7)$$

где S_s – издержки на хранение единицы товара на транзитном терминале, руб./т · день;

Q_m – объём разовой отгрузки товаров из транзитного терминала, т;

I – интервалы поставок грузов в транзитный терминал в объёме q_{mp} , дни;

T_m – периодичность отгрузки товаров в объёме Q_m из транзитного терминала, дни;

T_r – плановый период отгрузки товаров из транзитного терминала, дни;

ΔQ_s – избыточный объём накопления запаса за каждый интервал I поставки;

$$\Delta Q_{si} = q_{mp} - (Q_m \cdot I) / T_m, \text{т.} \quad (8)$$

Так как затраты на перевозку грузов Z_c и хранение запасов Z_s определяются количеством перевозимых грузовых модулей m_q , то математичес-

кая модель оптимизации объёмов поставок q_{mp}° товаров в межтерминальных сообщениях формулируется следующим образом. Необходимо найти такое количество грузовых модулей m_q° , при котором величина совокупных затрат Z_{cs}° на транспортировку и хранение в запасе будет меньше, чем совокупные затраты Z_{cs} для любого другого m_q :

$$Z_{cs}^\circ = F(m_q^\circ, Z_{cs}(m_q^\circ)) \rightarrow \min, \quad (9)$$

$$Z_{cs} = Z_c + Z_s. \quad (10)$$

Определение оптимального значения m_q° с учётом функций затрат Z_c и Z_s осуществляется известными методами поиска минимального значения целевой функции. При решении задачи (9) следует учитывать ограничение на выполнение требований к условиям отгрузки товаров:

$$m_{q_{\min}} \leq m_q^\circ \leq m_Q, \quad (11)$$

где $m_{q_{\min}}$ – минимально допустимое количество грузовых модулей, при котором обеспечивается возможность осуществлять отгрузку товаров из терминала в объёме Q_m :

$$m_{q_{\min}} = (Q_m \cdot I) / (q_\phi \cdot T_m), \text{ед.} \quad (12)$$

С учётом ограничений рациональное количество грузовых модулей m_q^* составит:

$$m_{qi}^* = \begin{cases} m_{q_{\min}} & \text{при } m_{qi}^\circ \leq m_{q_{\min}} \\ m_{qi}^\circ & \text{при } m_{q_{\min}} < m_{qi}^\circ < m_Q \\ m_Q & \text{при } m_{qi}^\circ \geq m_Q \end{cases}, \text{ед.} \quad (13)$$

Оптимальный объём поставок q_{mp}° грузов в транзитный терминал, при котором совокупные затраты Z_{cs} будут минимальными, составит [1]:

$$q_{mp}^\circ = q_\phi \cdot m_{qi}^*, \text{т.} \quad (14)$$

Если полученное значение m_{qi}^* превышает ограничение по максимальному количеству грузовых модулей m_{\max} , допустимых к перевозке одним транспортным средством (определяется нормативными требованиями), то следует использовать несколько транспортных средств, количество которых A_i определяется по формуле:

$$A_i = m_{qi}^\circ / m_{\max}, \text{ед.} \quad (15)$$

Таким образом, для оптимизации объёмов партий поставок транзитных грузов в межтерминальных сообщениях, обеспечивающих сокращение затрат на их транспортировку и хранение, разработаны модели формирования затрат на перевозку грузов и на хранение запасов в зависимости от количества перевозимых укрупнённых диск-

ретных партий транзитных грузов фиксированного объема (грузовых модулей). Это позволяет отобразить дискретный характер процесса накопления и расходования запаса с учётом интенсивности поставки и отгрузки грузов в межтерминальных сообщениях.

Список литературы

1. Альметова З.В. Оптимизация параметров транзитных терминалов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 1. URL: www.science-education.ru/115-12160 (дата обращения: 21.02.2014).
2. Курганов В.М. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок товаров: учебно-практическое пособие. – М.: Книжный мир, 2005. – 432 с.
3. Ларин О.Н. К вопросу расчета оптимального размера заказа: сборник материалов IV Московского Международного логистического форума «Бизнес и логистика-2002» (ММЛФ-2002), Москва, 5-9 февраля 2002 г. / Под общей ред. Л.Б. Миротина и Ы.Э. Ташбаева. – М.: Дом печати Столичный бизнес, 2002. – С. 67–70.
4. Лукин В.С., Цвиринько И.А. Варианты решения логистической задачи определения оптимального размера заказа // *Организация международных и внутренних перевозок с применением принципов логистики: Сб. науч. тр. / Редкол.: В.С. Лукин (отв. ред.) и др.* – СПб.: СПбГИЭУ, 2001. – 228 с.
5. Штин А.А. Применение методов транспортно-складской логистики при организации смешанных перевозок грузов: дисс.... канд. экон. наук. – СПб., 2005. – 150 с.

УДК 658.5.01

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА SPECIAL FEATURES OF A MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE ORGANIZATION DURING DIFFERENT STAGES OF ITS CYCLE

Ключевые слова: жизненный цикл предприятия, стадия роста, стадии стабильности и спада, организационные преобразования.

Keywords: enterprise's life cycle, stage of growing up, stages of stability and slumping, organizational transformation.

Аннотация

Охарактеризованы основные стадии жизненного цикла автотранспортного предприятия. Выявлено, что на различных этапах его жизненного цикла меняется актуальность отдельных проблем, поэтому меняются и приоритеты различных задач организации управления. Определены основные задачи управления на каждом

этапе жизненного цикла автотранспортного предприятия.

Annotation

The basic stages of a motor transport enterprise's life cycle are characterized in this article. It is found out that during different stages of a motor transport enterprise's life cycle the urgency of different problems is changing, so the priorities of the different organizational management's goals are changing as well. The main goals of management on every stage of a motor transport enterprise's life cycle are detected.

Богданова Ирина Владимировна

Чайковский технологический институт (филиал)
Ижевский государственный технический
университет имени М.Т. Калашникова,
магистрант,
тел. 89223663046; IrinaBogdanovaM213@yandex.ru

Каверина Эвелина Витальевна

Чайковский технологический институт (филиал)
Ижевский государственный технический
университет имени М.Т. Калашникова,
канд. техн. наук, доцент,
EVitKa2012@yandex.ru

Обеспечение конкурентоспособности автотранспортного предприятия складывается из множества факторов и немалую роль в этом играет организация управления [3]. При этом необходимо отметить, что цели и задачи, приоритеты в управлении во многом определяются жизненным циклом предприятия, так как каждой стадии соответствуют свои особенности, касающиеся функциональных приоритетов; производства; политики работы с кадрами; финансовой политики; стандартов и контроля.

Под жизненным циклом предприятия понимается последовательность качественно различающихся стадий его развития, через которые оно проходит за время своей жизни. Для большинства предприятий он состоит из таких этапов, как зарождение; рост; стационарное состояние (стабильность, зрелость); упадок (спад) или «омоложение». Политика управленческих решений, в том числе и на автотранспортном предприятии, должна определяться этим «возрастом» – оценкой этапа жизненного цикла, так как это определяет возможности и потребности предприятия.

На стадии зарождения происходит подбор оборудования, персонала, формирование структур управления, форм оплаты труда, и таким образом закладывается основа будущей организации. При этом дефицит финансовых средств определяет важность потенциальных потерь и важность привлечения инвестиций. Наймы работников с соответствующим образованием, опытом, стажем, таких как водители или специалисты по ремонту оборудования, логистике, всегда связано с финансовой привлекательностью и социальным обеспечением предлагаемой работы. Необходимость проведения анализа рынка сбыта, спектра пред-

лагаемых услуг, типа формируемого производства определяет подбор производительности, степени многофункциональности и переналаживаемости закупаемого оборудования. Эти и другие моменты этапа «зарождения» предприятия требуют финансовых вложений, но впоследствии они будут определять эффективность предприятия. Рациональное управление на этом этапе предполагает максимальное использование потенциала всех работников предприятия, и в первую очередь управленческой структуры.

Эта ситуация присуща стадии роста, которая также характеризуется повышением производительности труда, использованием сверхурочного рабочего времени, привлечением дополнительной рабочей силы. Получаемая прибыль направляется на финансирование роста. Вследствие этого одной из приоритетных задач становится эффективное использование ресурсов, особенно в краткосрочной перспективе.

На стадии зрелости актуальными становятся: улучшение сервиса; снижение издержек; повышение производительности труда; создание и поддержание системы стимулирования эффективного труда. В связи с этим стадию стационарного состояния можно назвать стадией стабильности.

На стадии упадка на первое место выдвигаются финансовые критерии. Происходит сокращение производства, перемещения персонала. Стимулируются уходы на пенсию. Неиспользуемое оборудование ликвидируется. С целью поддержания эффективности производится анализ избыточных издержек.

Ориентация на избранные сегменты рынка позволяет применять стратегию фокусировки с целью конкуренции качеством и сервисом на определенных сегментах рынка. Поэтому стадию упадка вполне уместно именовать стадией спада.

Руководители склонны воспринимать достигнутое состояние как вечное. Стадию зрелости предприятия можно продлить, не переходя в стадию старения. Это достигается, прежде всего, благодаря обновлению знаний всего персонала, в том числе управленческого, управленческого мышления, работы с клиентурой, продукцией.

Таким образом, выделим три основных стадии жизненного цикла предприятия: рост, стабильность и спад. Причем автотранспортные предприятия в данном случае не являются исключением. Графически эти стадии представлены на рис. 1.

Стадии жизненного цикла предприятия характеризуются следующим образом. Стадия роста – стадия, на которой предприятие еще не чувствует конкурентов и производит захват нового, никем не заполненного сегмента рынка. Основной акцент делается на освоение. На этом этапе прибыль используется для расширения производства. Стадия стабильности – стадия, на которой предприятие работает стабильно, с устоявшимися правилами, нормами, стандартами и конкурентами. Стадия спада – стадия, характеризующаяся па-

дением спроса, усилением позиций конкурентов, снижением прибыли. Эти особенности необходимо учитывать при управлении. В противном случае подсистемы предприятия становятся внутренне противоречивыми, что приводит к ухудшению эффективности работы и финансовых показателей предприятия.



Рис. 1. Стадии жизненного цикла автотранспортного предприятия

Каждое предприятие имеет собственный потенциал развития, свои условия его осуществления, но подчиняется общим закономерностям циклического развития социально-экономической системы. Эта система находится в состоянии определенного отношения к общим циклам экономики, имея при этом собственные циклы. На развитие предприятия влияют внешние и внутренние факторы [5].

Внешние факторы характеризуют экономическую обстановку, в которой функционирует предприятие и от которой оно не может не зависеть. Если экономика находится в состоянии общего кризиса, это не может не отражаться на состоянии отдельного предприятия. Но в каждом предприятии влияние общего кризиса различно: все зависит от характера предприятия и области его деятельности (государственное, частное, крупное, малое и др.), а также от его внутреннего состояния (экономический потенциал, профессионализм управления, персонал, социальная атмосфера и т.д.). Предприятие может успешно противодействовать внешним кризисным явлениям или, наоборот, реагировать на них ухудшением собственного состояния.

Предприятие может перейти к состоянию спада даже при весьма благоприятной внешней экономической обстановке. Причиной этого могут быть внутренние факторы развития: деловые и социально-психологические конфликты, неэффективная организация работ, низкий профессионализм персонала, устаревшая технология, просчеты в экономической стратегии, ошибки в принятии экономических решений, неудачный маркетинг и др.

Также необходимо обратить внимание на всегда существующий риск циклического развития социально-экономической системы, изменения со-

отношения управляемых и неуправляемых процессов. После бурного роста показатели могут начать падать, поэтому управление социально-экономической системой в определенной мере всегда должно быть антикризисным [1].

Антикризисное управление – это управление, определенным образом предвидящее опасность кризиса, предусматривающее анализ его симптомов, меры по снижению отрицательных последствий кризиса и использование его факторов для последующего развития.

На каждом этапе жизненного цикла возникают разные проблемы, которые можно разделить на 4 группы.

Первая группа – это проблемы распознавания предкризисных ситуаций.

Вторая группа проблем антикризисного управления связана с ключевыми сферами жизнедеятельности организации. Это, прежде всего, методологические проблемы ее жизнедеятельности. В процессе их решения формулируются миссия и цель управления, определяются пути, средства и методы управления в условиях кризисной ситуации. Эта группа включает комплекс проблем финансово-экономического характера. Существуют также проблемы организационного и правового содержания, социально-психологические проблемы.

Третья группа включает проблемы прогнозирования кризисов и вариантов поведения социально-экономической системы в кризисном состоянии, проблемы поиска необходимой информации и разработки управленческих решений. Проблемы анализа и оценки кризисных ситуаций также имеют большое значение. Здесь существует множество ограничений по времени, квалификации персонала, недостаточности информации и др. К этой же группе можно отнести и проблемы разработки инновационных стратегий, которые способствуют выводу организации из кризиса.

Четвертая группа проблем включает конфликтологию и селекцию персонала, которые всегда сопровождают кризисные ситуации, инвестирование антикризисных мер, проблемы банкротства и санации предприятий.

Необходимым элементом управления являются организационные преобразования – изменения в организации, способствующие новому, как правило, более эффективному образу действий. Преобразования – необязательно инновации, они могут не нести принципиального новшества, а в отдельных случаях могут даже быть изменениями вспять. А т.к. на разных этапах они будут различными, то и задачи организации управления тоже будут различными.

Например, на этапе роста будут иметь значение организация производства, работа с персоналом и др. На втором этапе – перераспределение или реструктуризация материальных и нематериальных ресурсов. На третьем этапе – перераспределение ответственности должностных лиц

и полномочий менеджеров различного уровня, укрепление дисциплины, повышение организационной четкости работы всех звеньев управления [2].

В своем развитии автотранспортное предприятие проходит несколько этапов, связанных с особенностями организации управления. На первом этапе особое значение уделяется организационным знаниям, т.е. знаниям предметной области и знаниям людей.

На втором этапе на организацию управления оказывают влияние следующие негативные внутренние факторы:

- подбор персонала по признакам; землячество, родственные связи, знакомство;
- отсутствие знаний по психологии и социологии у руководителей предприятия и менеджеров;
- формальные, поверхностные подходы при организации оценки персонала;
- нехватка свободных трудовых ресурсов нужного качества;
- отсутствие системы обучения, тренинга, воспитания персонала требуемого уровня качества;
- отсутствие системы управления культурой организации;
- устаревшие ментальные модели у руководства предприятия, ориентированные на авторитарное управление, получение результата «здесь и сейчас» без стратегической направленности.

На третьем этапе организация управления связана с принятием эффективных управленческих решений, где возрастает значение информационной системы сбора сведений, их обработки, систематизации, хранения, т.е. системы преобразования сведений в данные. Преобразование данных в информацию и принятие управленческих решений на основе этой информации составляет основное содержание деятельности менеджера. При этом ему требуются знания по принятию решений [5].

Как видно из анализа, на всех этапах развития автотранспортного предприятия для организации управления важны имеющиеся и приобретаемые знания, составляющие человеческий капитал работников предприятия.

Итак, можно сделать вывод о том, что в зависимости от этапа жизненного цикла автотранспортного предприятия и окружающей экономической обстановки меняются и задачи организации управления. В связи с этим необходимо определять приоритет задач на каждом этапе.

Список литературы

1. Баринов В.А. Антикризисное управление: учебное пособие / Росс. экономич. академия им. Г.В. Плеханова. – М.: ФБК-Пресс, 2002. – 263 с.
2. Бахарева Н.Б. Методы повышения уровня организации управления автотранспортным предприятием: дисс. ... канд. экон. наук. – СПб., 2010. – 150 с.
3. Богданова И.В., Каверина Э.В. Качество организации

управления как инструмент развития автотранспортных предприятий // Управление и технологии на транспорте: всероссийская научно-практическая конференция с международным участием студентов, аспирантов и молодых ученых (19 декабря 2013 г.) / ЧОУ ВПО «Южно-Уральский институт управления и экономики»; науч. ред. М.В. Бахарев, И.Ю. Коробейникова. — Челябинск: Центр оперативной полиграфии «Violitprint», 2014. — 113 с.

4. Бычков В.П. Экономика автотранспортного предприятия: Учебник. — М.: ИНФРА-М, 2006. — 152 с.

5. Короткова Э.М. Антикризисное управление: Учебник — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Инфра-М, 2005. — 85 с.

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА И ЭТАПЫ ИХ СТАНОВЛЕНИЯ

THE ACTIVITY OF SMALL ENTERPRISES OF THE TRANSPORT COMPLEX AND THE STAGES OF THEIR FORMATION

Ключевые слова: малый бизнес, экономическая реформа, срок окупаемости, кредит.

Keywords: small business, economic reform, payback period, the credit.

Аннотация

В статье отмечена ведущая роль малого предпринимательства. Малое предпринимательство плотно развивается во многих регионах. Его развитие способствует росту доходов местного бюджета, улучшению условий жизни населения. При заинтересованной региональной поддержке малый бизнес перерастает в средний.

Annotation

The article noted the leading role of small business. Maloe entrepreneurship densely developed in many regions. Its development promotes growth of incomes of the local budget, the improvement of conditions of life of the population. If interested regional support small business develops in the middle.

Вздорнова Любовь Станиславовна

Пермский институт железнодорожного транспорта, старший преподаватель,
vzdornoval1961@mail.ru

Как показывает практика, в России необходимость государственной поддержки малого предпринимательства понимается далеко не всеми и ее признание во многом зависит от господствующих взглядов на экономическую роль государства и от выбора стратегических приоритетов.

В целом ряде теоретических концепций поддержка государством малого предпринимательства рассматривается как вредное явление, нарушающее естественное развитие экономических

процессов и действие механизмов рыночного саморегулирования. Начальный этап экономических реформ в России проходил без учета интересов основного рыночного субъекта хозяйствования — частного предпринимателя.

Развитие малого бизнеса сдерживается рядом факторов.

Во-первых, это чисто технические проблемы, связанные с регистрацией предприятия, получением лицензии, открытием банковских счетов, сбором справок и другими административными барьерами.

Во-вторых, нормальное развитие малого бизнеса сдерживает слабая материально-техническая база: нехватка или недоступность помещений, оборудования, современных технологий, квалифицированных кадров, правовой поддержки, достоверной информации, государственного участия в программах поддержки малого бизнеса.

В-третьих, серьезное влияние на малый бизнес оказывают финансовые проблемы, связанные с легализацией доходов и капитала, уклонением от уплаты налогов, ведения двойной бухгалтерии.

В-четвертых, это проблема получения кредитов для развития бизнеса и обслуживания оборота капитала. Основную роль финансовой поддержки предпринимательства призвана сыграть налоговая политика. Система налогообложения должна стимулировать повышение технического уровня предприятий, насыщение потребительского рынка, развитие производств, использующих вторичные ресурсы и тем самым способствующих оздоровлению окружающей среды. В регионах с избыточными трудовыми ресурсами целесообразно стимулировать налоговыми льготами развитие предпринимательства, поглощающего свободную рабочую силу. Сегодня фактически идет откровенное подавление малого бизнеса. Падение малых предприятий идет в результате налогообложения, в принципе не позволяющего работать. Из этого следует, что наиболее работоспособная деловая часть идет в основном в теневой оборот. По некоторым оценкам, эффективные предприниматели 90% оборота держат в тени. В социальном плане они становятся финансовой основой криминального мира. Ведущую роль в развитии малого предпринимательства предстоит сыграть регионам. Ведь управление этим сектором будет способствовать не только росту доходов местного бюджета, но и улучшению социальных условий жизни населения и оздоровлению окружающей среды. Финансовая поддержка частного, особенно малого, предпринимательства должна стать задачей региональных фондов, учредителями которых наряду с местными органами власти могут выступать все заинтересованные предприятия и организации, расположенные в регионе и за его пределами. Фонды будут участвовать в разработке и реализации федеральных и региональных программ, направленных на поддержку предпринимательской деятельности,

осуществлять финансовую, материально-техническую, организационно-методическую поддержку хозяйствующих субъектов, вступающих на монополизированные прежде транспортные комплексы, участвовать в привлечении отечественных и иностранных инвестиций и кредитов.

Малое предпринимательство в России не может сформироваться и окрепнуть без всемирной государственной поддержки. Как правило, любая постановка проблем, сопряженных с малым бизнесом, выходит на состояние, тенденции и задачи его государственной поддержки. В этом не может быть ничего удивительного или неожиданно: именно слабость, неопределенность, робость такой поддержки (особенно если иметь в виду не декларации, а реальные дела) является одним из важнейших факторов, не позволяющих малому бизнесу в России обрести почву под ногами и тем самым создать важную опору для выхода страны из сковывающего ее затяжного экономического кризиса.

В пользу акцента на малый бизнес в современной России говорит, наряду с прочими, и то обстоятельство, что он служит верным средством погашения последствий чрезмерного укрепления производства, которое (отчасти, надо заметить, и по вполне уважительным причинам) было свойственно бывшему СССР. Внушительные, поражающие воображение, но крайне неповторимые индустриальные гиганты, унаследованные нынешней Россией, не могут найти себе место в динамичной рыночной структуре. И пройдет еще немало лет, пока найдут, если это вообще произойдет. Между тем при хорошей государственной организации дела эти «заблудившиеся» огромные предприятия могли бы, войдя в плотный контакт с малым бизнесом, солидно ему помочь технологиями, оборудованием и материалами, кадрами; возместиться же все это могло бы «прокладкой» для этих предприятий новых дорог на рынок, созданием для их оживления благоприятной конъюнктуры.

Другой поворот темы: «на шее» государства висит огромное множество убыточных предприятий, среди кандидатов в легализованные нынче банкроты впору конкурс объявить. А быть призванным банкротом и излечиться – вещи очень разные; в лучшем случае первое через какое-то время (и немалое) выведет ко второму. Между тем «гиблые» для государства заводы или фабрики, вполне вероятно, могли бы быстро ожить, оказавшись, скажем, на началах аренды (или даже через продажу) в руках представителей малого бизнеса, возможно объединившихся для того, чтобы поднять сравнительно крупное предприятие.

И еще одна проблема. Едва ли не все крупные предприятия страдают от инвестиционного голода; ни государство, ни частные лица явно не торопятся вкладывать капиталы в крупное производство: в одном случае их, как правило, попросту нет (государство), в другом – это на сегодня явно невыгодно или во всяком случае проблематично

(частные лица). Видимо, дело обстояло бы иначе, если бы удалось действительно активизировать малый бизнес. Он не требует особо больших вложений капитала, как правило, обеспечивает высокую скорость его оборота и дает очень верные шансы на прибыль. Все это привлекло бы частных вкладчиков, включая и мелких, ищущих для своих очень скромных сбережений укрытия от инфляции.

Результатом стало бы заметное ослабление инвестиционного голода при большом наполнении налогами доходной части госбюджета. В конечном счете это существенно расширило бы и возможности государства в области капиталовложений. Становится ясно, что курс на развитие малого бизнеса должен быть не чем-то «форсмажорным» в экономической политике государства, а ее органической составной частью, не меняющей, а напротив, помогающей реализации других ее частей и общей стабилизации экономики, а затем ее постепенному подъему. Малые предприятия – это занятость района, это устойчивые налоговые поступления в местный бюджет, это покупательная способность населения. Люди, которые работают на малом предприятии, получают стабильно хорошую заработную плату, могут купить услуги, более дорогие товары, что, естественно, лучше стимулирует производство.

Очень важно, что население убедилось в необходимости малого бизнеса, так как он может активно воздействовать на экономическую конъюнктуру, на обеспечение товарами народного потребления.

Главное условие для развития малого бизнеса – нормальное функционирование экономики. Иначе, он будет уходить в тень. Только при условии существенного ограничения коррупции и снижения налогового гнета примерно в 3 раза могут быть созданы предпосылки для выхода малого бизнеса из «теневой» экономики.

Малый бизнес является сектором выживания, втягивающим в реформаторский процесс людей, потерявших работу, военнослужащих, увольняемых в запас, и практически единственным сектором оздоровления серьезно «больных» переходных общественных групп. Малые предприниматели все менее зависят от государства и могут, расширяя сферу своей деятельности, уменьшить остроту безработицы.

В результате сектор малого предпринимательства может способствовать обеспечению в определенной степени экономической и политической стабильности в обществе.

В странах, где малые и средние фирмы развиваются десятилетиями, эта сфера экономики устойчиво создает 50-60% ВВП. По данным экспертов ООН, в мире малым бизнесом занято более 50% населения.

Малое предпринимательство по территориальной принадлежности, своей сути – дело региональное, местное. Сегодня свободный труд и сво-

бодный мелкий собственник быстрее вписываются в новые информационные и социальные технологии. Общество и экономика с крупномасштабными машинными и автоматизированными производствами, огромными производственными мощностями, сконцентрированными на больших площадях крупных предприятий, с десятками тысяч работников теряют социальную перспективу.

Весьма существенными препятствиями на пути становления и развития малых предприятий в России являются нехватка квалифицированных кадров, отсутствие надлежащей системы материально-технического снабжения, условий для внешнеэкономической деятельности. В последние несколько лет, по крайней мере после 1998 г. и до первой половины 2001 г., российское малое предпринимательство остановилось на «точке заморозки» – 875,5 тыс. малых предприятий (МП) и 3,5-4 млн индивидуальных предпринимателей. Это свидетельствует о том, что данный сектор экономики столкнулся с рядом серьезных проблем, решение которых будет способствовать не только дальнейшему развитию малого бизнеса, но и совершенствованию его структуры. Надо помнить, что так называемая малая экономика – важный сектор полноценного рынка. Без малого бизнеса невозможно становление цивилизованной рыночной экономики.

Становление и развитие малого бизнеса для России – жизненно важная задача. Малый бизнес может стать той важной основой, с помощью которой будет осуществлен поворот к позитивным процессам в экономике, к созданию предпринимательской хозяйственной среды. Однако для того, чтобы малый бизнес смог выполнить все задачи, для решения которых он предназначен, для того, чтобы он в полном объеме мог реализовать заложенный в нем потенциал и использовать все свои преимущества, необходима поддержка со стороны государства.

Опыт развитых стран свидетельствует, что в каждой из них разработана государственная политика развития и поддержки малого бизнеса. Для реализации этой политики созданы специальные государственные общественные организации. В США, например, действует Администрация по делам малого бизнеса, оказывающая всестороннюю поддержку предприятиям малого бизнеса.

Список литературы

1. Закон Пермского края от 25 декабря 2008 г. № 352-ПК «О краевой целевой программе развития малого и среднего предпринимательства Пермского края на 2008-2011 годы».
2. Грибов В.Д., Леонов А.Л. Экономика предприятий сервиса. – М.: «Кварус», 2008. – 274 с.
3. Мазоль С.И. Экономика малого бизнеса. – Минск, «Книжный мир», 2003. – 267 с.
4. Ширяев В.И., Ширяев Е.В. Управление бизнес процессами. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 463 с.

УДК 656.13

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В ТОКИО

EXPERIENCE OF UNMANNED TRANSPORT SYSTEM REALIZATION IN TOKYO

Ключевые слова: общественный транспорт, беспилотная транспортная система, подвижной состав, управление.

Keywords: public transport, unmanned transport system, vehicles, management.

Аннотация

Рассмотрен опыт реализации беспилотной транспортной системы пассажирского транспорта города Токио. Показаны основные особенности функционирования беспилотной транспортной системы.

Annotation

Experience of unmanned transport system realization for passenger transport in Tokyo is considered. The main features of the unmanned transport system functioning are shown.

Горяев Николай Константинович

Южно-Уральский государственный университет,
доцент, канд. техн. наук,
и.о. заведующего кафедрой ЭАТ,
телефон/факс (351)267-94-16; vetkadog@mail.ru

В рамках проведения XX Всемирного конгресса по интеллектуальным транспортным системам WC ITS-2013 был организован технический визит в центр управления беспилотной транспортной системой Yurikamome (официальное название Tokyo Waterfront New Transit Line) в Токио. Депо и центр управления находятся рядом с Токийским международным выставочным центром Tokyo Big Sights, где проходил конгресс.

Данное предприятие обслуживает единственную линию, которая связала район искусственного острова Одайба с центром города.

Технический визит начался с ознакомления с транспортной системой Токио в практическом плане. Вначале нас ознакомили с современными средствами оплаты проезда, для которых применяются электронные карточки мгновенной оплаты (используется около 10 видов). Всем участникам конгресса были выданы карточки последнего поколения Suica (рис. 1), которые позволяют производить мгновенную оплату на всех видах транспорта, включая такси, а также в большинстве магазинов. Пополнение карточки наличными осуществляется в специальных автоматах, которые есть на каждой станции (рис. 2). При проходе через

турникет карточка подносится к считывателю и на табло турникета отображается остаток денежных средств. При выходе также отображается списанная с карточки стоимость проезда.



Рис. 1. Карточка Suica



Рис. 2. Пополнение карточки

Необходимо отметить, что система мгновенных платежей получила распространение не только на пассажирском транспорте, но и при оплате пользования дорожной инфраструктурой. В отличие от Европы, где обычно при въезде на платную магистраль необходимо останавливаться, в Токио выезд на платные магистрали осуществляется без остановок, что существенно экономит время. На шлагбаумах обычно установлен знак ограничения скорости, с которой можно проезжать.

После пополнения карточки была выполнена круговая поездка тремя видами транспорта: электропоездом (Japan Railways, обычно используется сокращение JR в названии линии), метро (Tokyo Metro) и собственно Yurikamome. Оплата везде производилась карточкой Suica и общая стоимость небольшой круговой поездки составила около 7 долларов.

Новая транзитная система Yurikamome характеризуется полным отсутствием персонала на станциях и в вагонах. В передней части вагона находится аварийный выход, а пассажиры через лобовое стекло могут наслаждаться поездкой (рис. 3).



Рис. 3. Вид из переднего вагона

Вся линия протяжённостью около 7 км проходит по эстакадам, на рис. 3 хорошо видна контактная сеть слева по ходу движения, соответственно три токосъёмника находятся в левой нижней части вагонов (рис. 4).

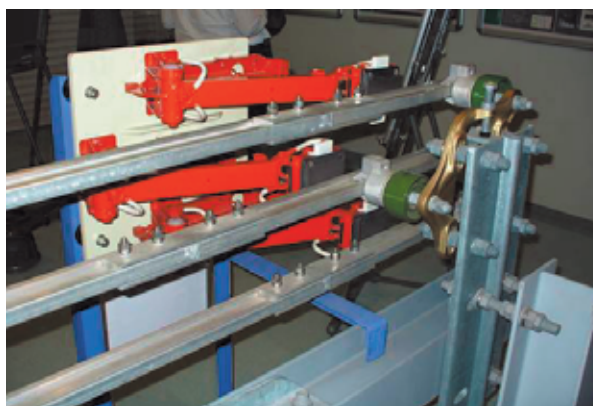


Рис. 4. Устройство токосъёмников

Главной особенностью данной системы является движение состава на шинах, которые имеют специальное устройство (рис. 5), позволяющее продолжать движение при повреждении шины. Это устройство представляет собой дополнительный алюминиевый обод, находящийся внутри шины. В случае повреждения шины обычно происходит существенное изменение радиуса качения и эффект «жевания», которые позволяют избежать такая конструкция колеса. Применение шин обеспечивает плавность хода и минимизацию шума в отличие от рельсовых транспортных средств, которые имеют такие недостатки вследствие наличия стыков на рельсах.



Рис. 5. Разрез колеса

Каждая колёсная пара оборудована дифференциалом для минимизации стирания шин при поворотах (рис. 6), однако поворот колёс не предусмотрен. Поворот поезда осуществляется благодаря направляющим по обоим сторонам пути, за которые состав фиксируют специальными захватами с роликовыми колёсами, которые хорошо видны на рис. 7.



Рис. 6. Межколёсный дифференциал

Отсутствие персонала на станциях и поездах компенсируется наличием центра управления, который работает по пяти основным направлениям: управление движением, управление энергопитанием, управление безопасностью, управление сервисом на станциях и управление гаражом.



Рис. 7. Вид состава спереди

Каждая станция оборудована дополнительными автоматическими дверями для доступа в подвижной состав (рис. 8), что исключает попадание пассажиров на пути.



Рис. 8. Внутренний вид станции

Персонал в центре управления (рис. 9) следит за тем, чтобы поезда двигались по расписанию, чтобы работали все автоматические двери и турникеты, чтобы работали все автоматы по продажам на станциях.



Рис. 9. Центр управления

С точки зрения концептуального подхода к техническим параметрам системы интересен отход от тенденции к увеличению максимальной скорости движения. Максимальная скорость движения составляет всего 60 км/час. Средняя же скорость движения составляет около 45 км/ч, что вполне достаточно, так как увеличение скорости не приводит к существенному сокращению времени поездки вследствие простоев на остановочных пунктах, расстояние между которыми составляет около 500 метров. Очевидно, что для нетранзитной транспортной системы нет смысла стремиться к высокой скорости, которая существенно увеличивает затраты практически без повышения качества перевозок.

Детальное знакомство с работой беспилотной системы Yurikamoto приводит к выводу, что функционирование подобных систем целесообразно при наличии больших устойчивых пассажиропотоков с высокой платёжеспособностью в условиях плотной застройки.

УДК 534.619.12

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ

COMPLEX SYSTEM OF THE ANALYSIS AND DETERMINATION ENTERPRISES FOR QUALITY ASSURANCE PRODUCTION

Ключевые слова: анализ деятельности, качество продукции, рейтинг предприятий.

Keywords: analysis of activity, quality of production, enterprises rating.

Аннотация

Предложена система анализа деятельности предприятий по обеспечению качества продукции. Установлена номенклатура показателей деятельности. Определены числовые значения показателей. Разработана методика интегральной оценки уровня обеспечения качества.

Annotation

It is offered system of the analysis determination enterprises for quality assurance production. The introduce system of indicators activity. It is determined numeral values indicators. The methods integral determination the level for quality assurance.

Гудков Павел Александрович

Курганский государственный университет,
доцент, канд. техн. наук,
тел. (3522) 41-10-12; kafss_uk@kgsu.ru

С целью постоянного совершенствования деятельности в области качества и повышения эффективности систем менеджмента качества международными стандартами ИСО установлены актуальные принципы: постоянное улучшение деятельности предприятий в целом; системный подход к менеджменту качества, принятие управленческих решений по устранению недостатков и совершенствованию работ, основанных на достоверных данных.

На основе указанных принципов менеджмента качества в Курганском государственном университете и в Курганском региональном центре обеспечения качества и конкурентоспособности разработана и длительное время применяется система комплексного анализа уровня деятельности предприятий региона по обеспечению качества продукции. Методически система включает в себя последовательно выполняемые этапы:

- тестирование предприятий комплекса по установленной номенклатуре показателей деятельности;

- определение рейтинга каждого предприятия;

- интегральная оценка уровня обеспечения качества продукции на предприятии региона.

Исключительно важное значение для получения объективных оценок имеет правильный выбор оцениваемых показателей деятельности предприятий. Номенклатура таких показателей сформирована из целого ряда показателей, отвечающих следующим критериям:

- значимости, степени влияния на качество продукции и общую результативность работы предприятия;

- возможности оценивания;

- функциональной независимости и совместности;

- универсальности для множества предприятий;

- возможности актуализации показателей с учетом требований стандартов и рыночной ситуации.

Анализ и установление единого перечня квалификационных показателей в соответствии с указанными критериями проведен экспертной группой ведущих специалистов в области качества промышленных предприятий региона. Данной экспертной группой также определена система балльных оценок по каждому показателю и весовые коэффициенты, учитывающие значимость принятых показателей [2]. Система данных показателей проходит постоянную актуализацию.

В настоящее время используется ряд основных квалификационных показателей:

- наличие на предприятии службы качества;

- наличие на предприятии дипломированных

специалистов в области метрологии, стандартизации, сертификации и управления качеством;

- наличие на предприятии системы менеджмента качества;
- опыт разработки системы менеджмента качества;
- доля сертифицированной продукции от объема производимых изделий;
- наличие на предприятии аккредитованных измерительных и испытательных лабораторий;
- деятельность по дальнейшему совершенствованию системы менеджмента качества после ее сертификации;
- применение в производстве изобретений, патентов и результатов инновационных разработок;
- наличие претензий со стороны потребителей;
- затраты на исправление несоответствий в процентах от объема выпускаемой продукции;
- общее состояние предприятия;
- проведение маркетинговых исследований;
- участие предприятия в программах и премиях по качеству;
- использование на предприятии программ самооценки деятельности по обеспечению качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции;
- наличие перспективных планов предприятия в области повышения качества и конкурентоспособности продукции;
- проведение на предприятии обучения персонала в области качества.

После обработки полученной от предприятий информации в соответствии с действующей номенклатурой квалификационных показателей каждому предприятию присваивается соответствующий рейтинг, причем анализ проводится по трем группам предприятий – малые, средние и крупные. После этого проводится оценка интегрального уровня обеспечения качества продукции на предприятиях региона по следующим формулам:

$$Q_{\Sigma} = \sum_{j=1}^k q_j Q_j, \quad Q_j = \frac{n_j}{N},$$

где Q_{Σ} – интегральный показатель уровня обеспечения качества на предприятиях региона;

q_j – весовой коэффициент по показателям;

Q_j – относительный уровень показателей;

n_j – количество учитываемых предприятий по показателям;

j – вид показателя;

k – количество показателей;

N – общее количество предприятий, участвующих в конкурсе.

Диапазон изменения значений интегрального показателя находится в пределах 0...1. В настоящее время величина данного показателя в регионе составляет 0,72.

Имеющийся опыт применения представленной системы показал, что получаемые результаты могут служить объективной базой для проведения предприятиями самооценки и совершенствования деятельности по определенным аспектам обеспечения качества и конкурентоспособности выпускаемой продукции. Так, в связи с интеграцией России в ВТО большое внимание в регионе уделяется увеличению количества предприятий, разрабатывающих и применяющих сертифицированные системы менеджмента качества в соответствии с международными стандартами ИСО, а также росту доли продукции, сертифицированной в системе добровольной сертификации на соответствие требованиям международных стандартов. Важными резервами повышения эффективности всей деятельности в области качества являются снижение уровня дефектности продукции, развитие инновационной активности, широкое применение перспективных планов по повышению качества продукции, развитие системы обучения персонала в области качества, увеличению числа работающих на предприятии дипломированных и сертифицированных специалистов. Оценка предприятий по уровню обеспечения качества и конкурентоспособности осуществляется ежегодно. Применение данной методики показало, что в Курганской области существует устойчивая тенденция к повышению уровня обеспечения качества выпускаемой продукции.

Список литературы

1. Никитин В.А. Управление качеством на базе стандартов ИСО 9000:2000. – СПб.: Питер, 2002. – 272 с.
2. ГОСТ 24294 – 80. Определение коэффициентов весомости при комплексной оценке технического уровня и качества продукции.

УДК 656.131.2

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛЕГКОВОГО ТАКСОМОТОРНОГО ТРАНСПОРТА

PROBLEMS AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF AUTOMOBILE TAXI TRANSPORT

Ключевые слова: такси, легковой таксомоторный транспорт, таксомоторные перевозки, регулирование системы такси, концепции развития.

Keywords: taxi, automobile taxi transport, taxi transportations, regulation of system of a taxi, development concept.

Аннотация

Рассмотрены основные проблемы функционирования легкового таксомоторного транспорта в России. Проанализированы различные

концепции развития таксомоторных перевозок и дана оценка их влияния на систему такси, повышение безопасности и качества услуг, оказываемых населению, а также на конкуренцию в пользу официальных перевозчиков.

Annotation

The main problems of functioning of automobile taxi transport in Russia are considered. Various concepts of development of taxi transportations are analysed and the assessment of their influence on taxi system, increase of safety and quality of the services rendered to the population, and also on the competition in favor of official carriers is given.

Жидкова Маргарита Анатольевна

Московский автомобильно-дорожный
государственный технический
университет (МАДИ),

доцент кафедры финансов, канд. экон. наук,
тел. +7 (910) 457-22-75; zhidkova_m_a@mail.ru

Наша страна уже более 20 лет живет в новых условиях хозяйствования, появились и получили свое развитие новые отрасли экономики и направления в бизнесе. Однако таксомоторная деятельность в подавляющем большинстве регионов и городов России до сих пор находится лишь на начальном этапе.

На протяжении последних трех лет в России активно проводятся государственные меры по легализации бизнеса таксомоторных перевозок, теневой сектор которого составляет до 90% всего рынка. Вмешательство государства способствует росту сегмента легальных таксомоторных перевозок, что влечет за собой выход на рынок новых участников и развитие деятельности старых.

Наличие цивилизованного такси в городе, как правило, свидетельствует об общем уровне экономического развития данного региона и о степени поддержки местными органами государственной власти городского автотранспорта.

Основной задачей регулирования рынка таксомоторных перевозок является содействие созданию современной, конкурентоспособной, высокоэффективной и устойчиво функционирующей системы транспортного комплекса для обеспечения потребностей жителей в таксомоторных перевозках, формирование цивилизованного рынка услуг, где равные возможности и права обеспечиваются всем его участникам.

Создание благоприятных условий для наращивания числа современных автомобилей, участвующих в таксомоторных перевозках, вовлечение в легальный оборот большинства перевозчиков – приоритетная цель для сектора такси.

С развитием городских и региональных таксомоторных перевозок связано увеличение количества автомобилей-такси, развитие системы городских стоянок такси, создание современных терминалов, обеспечивающих комплексное обслуживание автомобилей-такси, и городской системы мониторинга такси с возможностью автоматизи-

рованного приема и обработки заказов.

Решение указанных вопросов позволит таксомоторным компаниям эффективно использовать автомобили-такси, снизить транспортные затраты, улучшать экологическую ситуацию в городе, обеспечить безопасность таксомоторных перевозок, а также существенно увеличить число рабочих мест.

Очевидно, что для создания полностью легального рынка таксомоторных перевозок этого недостаточно.

Теоретические подходы к регулированию рынка такси не дают ясных рекомендаций для создания совершенной организации таксомоторных перевозок.

Общее мнение состоит в том, что регулирование должно основываться на необходимости коррекции проявлений неэффективности рыночного механизма. Более того, расходы на регулирование необходимо сравнивать с полученной выгодой.

Проводимые на рынке такси исследования выявили, что действительно существует проявление неэффективности рыночного механизма и система таксомоторных перевозок не является однородной.

Обратимся к опыту Москвы. По оценке аналитиков «Intesco Research Group», в 2012 году на рынке таксомоторных услуг города доля нелегальных извозчиков составляла более 80%, таксомоторные парки занимали около 8% московского рынка таксомоторных услуг, а на долю частных с лицензиями приходилось уже примерно 12% [3].

Для наведения порядка в системе таксомоторного транспорта Департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы разработал концепцию развития услуг такси.

Основная цель модели – легализация и установление четких правил работы, включающая следующие параметры:

- 1) общее количество такси на уровне – 50-55 тысяч;
- 2) доля нелегального сегмента – 0%;
- 3) два класса такси (стандартный и премиальный) с различным подходом к регулированию;
- 4) четкий набор требований к водителям такси;
- 5) для стандартного класса такси – единый тариф, для премиального – дерегулирован;
- 6) городская служба заказа и связи с такси;
- 7) наличие специальных зон для посадки и высадки пассажиров.

Обсуждение концепции вызывало неоднозначную реакцию – от полной поддержки до критики.

Некоторые эксперты считают, что концепция развития московского такси была почти полностью скопирована с нью-йоркской модели, поэтому и возникают вопросы: насколько она применима для Москвы, как будет работать единая диспетчерская служба, почему ночной тариф выше, чем дневной.

Также отмечают, что создание единой диспетчерской – это первый шаг к монополизации рынка. Его следствием сразу же станет ограничение конкуренции. Неотступно за ним последует ухудшение качества услуг [4].

Между тем тарифы, по которым будут работать легальные такси после создания диспетчерской, достаточно высокие. По данным департамента транспорта Москвы, днем он составит 100 руб. за первый километр / 3 минуты, далее 30 руб. за километр / 12,5 руб. за минуту, а ночью – 150 руб. за первый километр / 3 минуты, далее 40 руб. за километр / 16,5 руб. за минуту.

Ночной тариф в Москве сделали также по аналогии с тем, который был разработан для таксистов Нью-Йорка из-за особенностей лицензирования, и вряд ли будет понятен нашим пассажирам.

Параллельно Транспортным союзом и Национальным советом такси была разработана другая концепция развития таксомоторных перевозок, основными задачами которой являлись [5]:

- 1) создание системы комплексной безопасности таксомоторного транспорта, включающей единый городской информационный мониторинг-ресурс, создаваемый с применением интернет-технологий, средств идентификации, систем GPS/ГЛОНАСС навигации, единую городскую систему информирования водителей и пассажиров, систему контроля над соблюдением принятых стандартов и управления рисками таксомоторных перевозок;

- 2) стандартизация услуг таксомоторного транспорта с учетом городских особенностей;

- 3) создание единой службы линейного контроля;

- 4) формирование системы центров профессиональной подготовки и аттестации водителей и диспетчеров;

- 5) создание электронных персональных карт-разрешений на осуществление таксомоторных перевозок и единого путевого листа в электронном виде.

Особое внимание в данной концепции уделяется внедрению IT-технологий при осуществлении таксомоторных перевозок. Использование интернет-технологий, электронных персональных карт-разрешений и GPS/ГЛОНАСС навигации позволит создать автоматизированную систему обеспечения работы служб такси в России, что может существенно облегчить работу таксомоторных компаний.

По мнению авторов, внедрение данной концепции позволит:

- 1) существенно улучшить систему работы таксомоторных перевозок;

- 2) повысить безопасность услуг такси;

- 3) создать возможность для предоставления качественных услуг;

- 4) создать для участников рынка ряд преференций, что качественно изменит конкуренцию в пользу официальных перевозчиков;

- 5) упростить систему контроля;

- 6) включить такси в глобальную систему предупреждений и действий в чрезвычайных ситуациях.

К сожалению, данная стратегия не уделяет никакого внимания вопросам тарифной политики, требованиям к легковому автомобилю-такси и качеству оказываемых услуг.

При регулировании рынка такси наиболее часто рассматриваются факторы стоимости проезда и качества обслуживания. В будущем, вероятно, основным вопросом станет качество предоставляемых услуг. Основными факторами, определяющими уровень качества обслуживания пассажиров, являются цена, скорость доставки, режим движения, удобство расположения стоянок, комфортабельность проезда, скорость сообщения и степень учета индивидуальных требований пассажира по выбору пути следования.

Рынок такси не является однородным, выделяют 3 сегмента, которые требуют различного регулирования: курсирующие такси; такси, ожидающие клиентов на стоянках, и такси, вызываемые по телефону [7].

Следовательно, можно выделить несколько перспективных рыночных ниш.

Для выбора конкретной сферы деятельности таксомоторной компании необходимо провести сегментацию рынка и разработать концепцию развития. Сегменты следует оценивать по определенным критериям:

- 1) размер сегмента;

- 2) частота приобретения услуги клиентами данного сегмента;

- 3) возможный уровень цен в сегменте;

- 4) требования к качеству перевозки.

Использование принципа сегментирования рынка таксомоторных перевозок при разработке стратегии развития данной отрасли позволит качественно улучшить обеспечение транспортной безопасности в сфере таксомоторных перевозок, снизить нагрузки на транспортную инфраструктуру, повысить качества услуг в сфере таксомоторных перевозок, сформировать рынок цивилизованных и доступных услуг для населения, создать дополнительные условия для формирования положительного образа мегаполиса и отрасли, а также сегмента с ответственным налогоплательщиком.

Список литературы

1. Федеральный закон от 21 апреля 2011 года № 69-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. 25.04.2011. № 17. Ст. 2310.

2. Федеральный закон от 23 апреля 2012 года № 34-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования государственного регулирования деятельности по перевозке пассажиров и багажа легковым такси в Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ // 30.04.2012. № 18. Ст. 2126.

3. Официальный сайт Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы. URL: <http://www.dt.mos.ru>

4. Официальный сайт межрегионального некоммерческого партнерства «Лига такси». URL: <http://www.liga-taxi.ru>
5. Московский рынок такси. Текущая ситуация и прогноз. URL: <http://www.aup.ru/news/2012/02/28/5866.html>
6. Московский рынок такси 2012 год // РБК. Исследования рынков. URL: <http://marketing.rbc.ru/research/562949975615470.shtml>
7. Регулирование рынка таксомоторных услуг в Европе (Исследование по заказу Института Экономики Транспорта, Осло, Норвегия). URL: <http://www.iru.ru/id.pdf>

УДК 656.088

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ, БАЗИРУЮЩЕГОСЯ НА ВОССТАНОВЛЕНИИ ИХ ДЕТАЛЕЙ И АГРЕГАТОВ

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS RECYCLE CARS, BASED ON THE RECOVERY OF THEIR PARTS AND UNITS

Ключевые слова: утилизация, восстановление деталей, вышедшие из эксплуатации транспортные средства.

Keywords: recycle, recovery of parts, released from service vehicles.

Аннотация

Предложен алгоритм утилизации легковых автомобилей, основанный на известных методах восстановления деталей и агрегатов. Проанализирована предыдущая программа утилизации автомобилей в России. Внедрение разработанного алгоритма позволяет рационально использовать годные к эксплуатации детали, агрегаты и беречь окружающую среду.

Annotation

An algorithm recycling cars based on known methods of restoration parts and assemblies. Analyzed previous recycling program cars in Russia. Implementation of the algorithm allows efficient use of serviceable parts, assemblies, and protect the environment.

Зигангараев Марат Рафаэлевич

Ижевский государственный технический
университет имени М.Т. Калашникова,
аспирант кафедры АМО,
тел. 8-906-818-13-22; maratius89@mail.ru

Развиваясь высокими темпами, автомобилизация в России достигла уровня, когда уже практически в каждой семье имеется автомобиль. Вместе с тем растёт численность вышедших из эксплуатации транспортных средств (ВЭТС). Происходит это по разным причинам:

- дорожно-транспортные происшествия, поте-

ря формы или потребительских свойств в результате коррозии;

- низкая надёжность деталей и компонентов, которая зависит от срока службы и условий эксплуатации автомобиля;

- моральное старение конструкции;

- юридические проблемы с постановкой на учёт.

Перечисленных автомобилей ожидает завершающий этап жизненного цикла – утилизация.

В России вялотекущий процесс развёртывания производственных мощностей по сбору и переработке ВЭТС, их компонентов получил мощный импульс в связи с реализацией в 2010 году государственного эксперимента, направленного на стимулирование приобретения новых автотранспортных средств (АТС) взамен сдаваемых на утилизацию. Однако пунктам утилизации в рамках данного эксперимента было запрещено демонтировать с ВЭТС пригодные к использованию в качестве вторичных запчастей автомобильные компоненты, кроме шин, аккумуляторов, эксплуатационных жидкостей [1].

Результаты программы утилизации в России показали: во-первых, нерациональное использование потенциально годных к эксплуатации агрегатов и компонентов; а во-вторых, не решили проблему утилизации иномарок, т.к. программа распространялась только на автомобили российского производства.

В ряде случаев, вторичное использование может быть предпочтительней, поскольку рециклированные материалы не предполагают такого разрушения окружающей среды, как при добыче самородных материалов, и часто требуется меньше энергии для восстановления свойств, чем было бы потрачено на добычу самородного материала.

В зарубежных странах созданы эффективные системы авторециклинга, базовым элементом которых является аккредитованные (сертифицированные) предприятия по демонтажу ВЭТС – пункты утилизации. Осушение, разборка ВЭТС на этих предприятиях осуществляется по технологиям, рекомендуемым автопроизводителями для конкретных марок АТС. Кроме этого, осуществляется сортировка, маркировка вторичных компонентов, материалов, их отправка на реализацию в торговую сеть или на дальнейшую переработку на специализированные предприятия.

Разработанный алгоритм (рис.1) по утилизации легковых автомобилей в России состоит из следующих этапов: после решения всех юридических вопросов автомобиль поступает в пункт утилизации либо на эвакуаторе, либо своим ходом. После чего происходит первичная дефектация автомобиля в целом, т.е. если выработка агрегатов слишком велика или если в ВЭТС количество работоспособных деталей менее чем 60%, то происходит демонтаж (разукomплектование) автомобиля, снятие с него всех компонентов, содержащих экологически опасные материалы, и измельчение автотранспортных отходов в шредерной

установке. В противном случае ВЭТС подлежит разбору: снятие всех узлов, агрегатов, деталей с последующей их мойкой и очисткой от грязи. Затем чистые детали проходят полную дефектацию с помощью специальных измерительных приборов. По результатам дефектации автомобильные компоненты делятся на три категории, которые маркируются каждый своим цветом: детали, готовые к использованию, – зелёным, требующие вос-

становления, – жёлтым, детали, которые не подлежат восстановлению, – красным. Соответственно «красные» детали попадают в шредерную установку, «зелёным» присваивается свой личный идентификационный номер, место на складе. Данная категория запчастей заносится в базу данных и происходит реализация компонентов на вторичном рынке.



Рис. 1. Алгоритм утилизации автомобилей

«Жёлтые» агрегаты в зависимости от типа восстановления либо попадают специалистам, либо складываются в местах хранения для последующей сборки. Например, после лобового столкновения в блоке цилиндров образовалась трещина, восстановление которой требует слишком больших вложений, а в следующем автомобиле той же марки головка блока цилиндров не подлежит восстановлению, но сам блок цилиндров целый. Очевидно, что можно собрать один работоспособный ДВС. После восстановления детали и агрегаты проходят повторную дефектацию, соответственно маркируются и попадают на вторичный рынок.

Разработанный алгоритм позволяет рационально использовать годные к эксплуатации детали, агрегаты и в то же время беречь окружающую среду, утилизируя накопившийся хлам на дорогах страны. А восстановленные агрегаты и детали будут радовать будущих владельцев приемлемой ценой и качеством. Но чтобы создать отрасль по переработке и реализации автотранспортных компонентов, мало одного желания предпринимателей, местных органов власти, общественных организаций, отдельных граждан. Нужно законодательство, необходимо организационно, методически выстраивать отдельную систему сбора и утилизации автомобиля с возможностью реализации и восстановления работоспособных деталей и агрегатов.

Список литературы

1. Трофименко Ю.В., Воронцов Ю.М., Трофименко К.Ю. Утилизация автомобилей: научная монография. – М.: АКП-РЕСС, 2011. – 336 с.
2. Бобович Б.Б. Утилизация автомобилей и автокомпонентов: учебное пособие. – М.: ФОРУМ, 2011. – 168 с.

УДК 336

ХАРАКТЕРИСТИКА ИННОВАЦИОННОГО ВЕКТОРА РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ ОАО «РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ»

CHARACTERISTICS OF THE INNOVATION DEVELOPMENT OF THE COMPANY JSC «RUSSIAN RAILWAYS»

Ключевые слова: ОАО «РЖД», инвестиции, инвестиционные проекты, инвесторы, инновации.

Keywords: JSC «Russian Railways», investments, investment projects, investors, innovation.

Аннотация

Компания ОАО «РЖД» является крупнейшим системообразующим элементом российской

экономики, важнейшим звеном транспортной системы страны, осуществляющим более 40% грузооборота и свыше 35% пассажирооборота транспорта общего пользования в России [1]. На плечах компании лежит большая ответственность за перемещение груза и пассажиров по всей стране, из чего следует, что компания способствует росту экономики всей страны за счет своей деятельности, это предопределяет актуальность данной темы.

Annotation

Company JSC «Russian Railways» is the largest backbone element of the Russian economy, the most important link in the transport system of the country, carrying more than 40% of cargo and over 35% of passenger transport in the Russian. On the shoulders of a great responsibility for the movement of cargo and passengers across the country, which means that the company contributes to the country's economy due to its activities, this determines the relevance of the topic.

Кузнецов Егор Викторович

Уральский государственный университет
путей сообщения, студент

Селина Ольга Викторовна

Уральский государственный университет
путей сообщения,
старший преподаватель кафедры
«Экономика транспорта»,
ovobuhova@usurt.ru

Железнодорожный транспорт уже в ближайшем будущем должен стать лидирующим видом транспорта по экономической эффективности, качеству услуг и экологической безопасности при транспортировке массовых грузов и в пассажирских перевозках [1].

Учитывая вышесказанное, для успешного функционирования, успешного конкурентирования по сравнению с другими странами, а также для поддержания авторитета компании ОАО «РЖД» никак не обойтись без внедрения новых технологий, новых решений, которые повысят производительность и качество перевозок. Поэтому компания нуждается в инновационном развитии.

Стратегическая цель инновационного развития ОАО «РЖД» заключается в эффективном развитии конкурентоспособного на мировом рынке транспортного бизнеса с учетом реализации ответственности национального перевозчика и владельца железнодорожной инфраструктуры на основе принципа достижения эффективности результатов при постоянном росте качества предоставляемых услуг и высоком уровне инноваций, безопасности перевозок, управленческой культуры и социальной ответственности бизнеса [1].

Для достижения цели следует выполнить ряд задач, которые ставит перед собой компания:

- принципиальное повышение эффективности работы ОАО «РЖД», достижение высокой рыночной капитализации холдинга на основе внедре-

ния новейших методов и средств управления, технологий и техники перевозочного процесса, создания принципиально новых комплексных форм обслуживания клиентов;

- достижение уровня производительности труда, соответствующего лучшим показателям мировых лидеров железнодорожного транспорта, в том числе за счет проведения эффективной политики управления персоналом;

- создание условий устойчивого, безопасного и эффективного функционирования железнодорожного транспорта как организующего элемента транспортной системы страны для реализации основных геополитических и геоэкономических целей Российского государства;

- формирование инфраструктурного базиса единого транспортного пространства российской экономики;

- обеспечение рационального взаимодействия с другими видами транспорта на основе логистических принципов при организующей роли железнодорожного транспорта;

- обеспечение транспортной доступности точек ресурсного обеспечения и промышленного роста, а также мест работы, отдыха, лечения, образования, национальных культурных ценностей для граждан России;

- приведение уровня качества транспортных услуг и безопасности перевозок в соответствие с требованиями населения и экономики и лучшими мировыми стандартами;

- создание достаточных провозных способностей и необходимых резервов для полного удовлетворения спроса на перевозки при конъюнктурных колебаниях в экономике;

- обеспечение глубокой интеграции в мировую транспортную систему;

- поддержание высокого уровня готовности к деятельности в чрезвычайных ситуациях, соответствующего требованиям обороноспособности и безопасности страны;

- повышение инвестиционной привлекательности железнодорожного транспорта;

- снижение транспортной нагрузки на окружающую среду;

- внедрение высоких стандартов организации труда, его максимальной производительности и достижения на этой основе устойчивого обеспечения перевозочного процесса квалифицированными кадрами.

Все эти задачи, сформулированные в стратегических направлениях научно-технического развития ОАО «РЖД» на период до 2015 года, утверждённых в 2007 году, успешно решались компанией и остаются по-прежнему весьма важными и в настоящее время [1].

Приоритетные направления инновационного развития ОАО «РЖД»:

- система управления перевозочным процессом и транспортная логистика;

- инфраструктура;

- подвижной состав;

- система управления и обеспечения безопасности движения поездов, снижение рисков чрезвычайных ситуаций;

- повышение надежности работы и увеличение эксплуатационного ресурса технических средств;

- высокоскоростное движение и инфраструктура;

- корпоративная система управления качеством;

- повышение экономической эффективности основной деятельности;

- повышение энергетической эффективности основной деятельности;

- охрана окружающей среды;

- система технического регулирования;

- внедрение инновационных спутниковых и геоинформационных технологий [1].

Каждое из этих направлений, безусловно, важно, но если не учитывать человеческие ресурсы и прочие важные составляющие, то основу железнодорожного транспорта и всей компании ОАО «РЖД» непосредственно составляют инфраструктура и подвижной состав. Без этого железнодорожный транспорт не был бы железнодорожным транспортом. Поэтому дальше мы подробнее рассмотрим инновационные решения, следуя этим направлениям.

Начнем рассматривать инновационные проекты с подвижного состава, это то, с помощью чего и производятся сами перевозки грузов и пассажиров.

Человечество развивается быстрыми темпами. Требуются все более быстрые способы передвижения для деловых встреч либо просто для путешествий и т.д. Люди стараются экономить свое время, в том числе и на способах передвижения. В этом направлении компания ОАО «РЖД» не стоит на месте.

12 декабря 2010 года Россия и Финляндия стали немного «ближе» друг к другу. Из северной столицы России, Санкт-Петербурга, до столицы Финляндии, Хельсинки, отправился первый скоростной электропоезд «Аллегро» [2]. Данные поезда имеют уникальную особенность, они могут передвигаться на линиях как с постоянным, так и на линиях с переменным током. Кузов поезда наклоняется до 8 градусов, вследствие чего появляется возможность быстрее проходить повороты. Среднее время в пути составляет 3 часа 30 минут. Поезд рассчитан на движение со скоростью 220 км/час. Количество пассажирских мест, предназначенных для продажи, 337.

17 декабря 2009 года был подписан контракт с «Сименс АГ» на поставку 38 электропоездов «Ласточка». 21 сентября 2010 года был подписан еще один контракт на 16 электропоездов.

Как сказал президент ОАО «РЖД»: «Поезда «Ласточка» – это основа для принципиального изменения облика пригородного транспортного обслуживания». Поезд состоит из 5 вагонов, в кото-

рых 409 обычных мест для пассажиров, 4 места для пассажиров с ограниченной активностью (инвалидов) и 30 мест с откидными сиденьями. Максимальная скорость данного поезда 160 км/ч. «Ласточка», например, осуществляет перевозки из Санкт-Петербурга в Великий Новгород, из Казани в Аэропорт, также данный поезд обслуживает и будет обслуживать пассажиров в Сочи.

Данные проекты относятся к числу «заметных», которые можно уже сейчас «ощутить на себе». Ведь в первую очередь именно такие проекты и влияют на авторитет и привлекательность железных дорог со стороны населения страны.

Что же касается непосредственно самих дорог, то в этом направлении можно привести ряд инновационных проектов, таких как:

- безбалластный путь, в результате внедрения которого сокращаются объемы работ по текущему содержанию;

- георешетки, которые значительно повышают качество железнодорожного полотна, позволяют увеличить скоростные режимы движения, а также увеличивают межремонтный интервал и сокращают расходы на содержание;

- рельсовые скрепления типа W30;

- новые стрелочные переводы, для скорости движения 250 км/ч по основному пути и 50 км/ч по боковому пути;

- беспроводные электропневматические тормоза, которые позволяют повысить участковую скорость движения поездов, сократить величину ущерба от транспортных происшествий по причине неисправности подвижного состава и снизить эксплуатационные расходы [3].

Одним из самых интересных инновационных проектов является проект «Умный вокзал». Это вокзальный комплекс, эффективность функционирования которого обеспечивается за счет максимального использования интеллектуальных технологий во всех элементах его технологического процесса [4] т.е. во всем, что относится к вокзалу. Само здание и примыкающая к нему инфраструктура будут построены либо реконструированы с использованием различных инновационных систем, технических средств и технологий. Например, автоматизированные системы управления процессами жизнедеятельности вокзального комплекса, которые способствуют снижению энергозатрат и др.; автоматизированные системы обеспечения транспортной безопасности и снижения рисков чрезвычайных ситуаций, что позволяет повысить безопасность пассажиров внутри здания; технологии «зеленого здания», которые направлены на чистоту воздуха внутри вокзала и озеленение территории перед вокзалом, что существенно влияет на экологию. Новокузнецк один первых городов, который ощутит на себе всю привлекательность данного проекта.

Подводя итоги, можно сказать, что компания ОАО «РЖД» движется в правильном направлении. Она стремится повысить производитель-

ность, не нанося вред ни людям, ни окружающий природе, а даже наоборот, способствует их развитию и процветанию.

Все инновационные проекты, безусловно, влияют на производительность, экологию, на увеличение прибыли, на авторитет компании в целом, и без них никак не обойтись. Технологии требуют все более новых и прогрессивных решений, таких как поезд на магнитной подушке. Больше всего в этом направлении преуспевают такие страны, как Германия, Япония. В России тоже планируется разработать поезд на магнитной подушке к 2030 году.

Список использованных источников:

1 Стратегия инновационного развития ОАО «Российские железные дороги» на период до 2015 года (Белая книга ОАО «РЖД»). URL: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&id=4038#navPart_5894.

2 Скоростной поезд «Аллегро». URL: http://pass.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=5184.

3 Селина О.В. Оценка экономической эффективности внедрения инноваций на железнодорожном транспорте. // СПНУО. №1. 2014. URL: <http://www.science-education.ru/115-12158>.

4 Инновационные проекты ОАО «РЖД». URL: http://rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=5115#6.

УДК 364.322(075.8)

ТРУДОВАЯ АДАПТАЦИЯ РАБОТНИКА КАК ОДНО ИЗ ВАЖНЕЙШИХ НАПРАВЛЕНИЙ РАБОТЫ С ПЕРСОНАЛОМ

LABOUR ADAPTATION OF EMPLOYEE AS ONE OF THE MOST IMPORTANT AREAS OF WORK WITH THE PERSONNEL

Ключевые слова: трудовая адаптация, адаптант, успешность трудовой адаптации, программа трудовой адаптации, текучесть кадров.

Keywords: occupational adaptation, adaptant, success, work adaptation adaptation work program staff turnover.

Аннотация

Данная статья посвящена трудовой адаптации, являющейся одним из наиболее важных направлений работы с персоналом в каждой современной организации. Автор рассказывает о том, как проходит адаптация, кто и за что отвечает в ходе знакомства новых сотрудников с компанией, к чему это приводит и на чем, а вернее, на ком это отражается в наибольшей степени.

Annotation

This article is devoted to the work of adaptation, which is one of the most important areas of work with the personnel of every modern organization. The

author talks about the adaptation, and who is responsible for what, in the course of exploring new employees with the company, what it is and what, or rather who it affects the most.

Осипян Ирина Юрьевна

Филиал Уральского государственного
университета путей сообщения в г. Тюмени,
аспирант,
тел. (3452) 69-64-02; IJOsipjan@usurt.ru

Адаптация персонала является одним из главных элементов системы управления и развития персонала. В современных условиях предприятия сталкиваются с такой важной проблемой, как текучесть кадров. Изменяются требования, предъявляемые к самому работнику, его квалификации, способностям быстро адаптироваться в современных условиях. Важным моментом в успешной деятельности предприятия является продуктивное использование персонала, создание условий для самореализации и системы быстрой адаптации к трудовой деятельности. Без понимания и анализа трудовой адаптации невозможно рациональное использование трудовых ресурсов. Успешность адаптации определяется намерением «новичка» надолго связать свою трудовую жизнь с данным предприятием или ограничиться кратковременной работой, поскольку неадаптированность тесно связана с текучестью кадров.

Термин «адаптация» (от лат. *adapto* – приспособляю) был введен в научный оборот немецким физиологом Г. Аубертом и изначально использовался в биологических науках. В естественных науках под адаптацией понимается вся совокупность реакций живой системы, поддерживающих ее целостность и функциональную устойчивость при изменении условий окружающей среды [2].

Трудовая адаптация работника – процесс активного, взаимного приспособления работника и организации, основывающийся на постепенной вработываемости сотрудника в новых профессиональных, социальных и организационно-экономических условиях труда [3, с. 192].

Попадая в новый трудовой коллектив, работник испытывает сильный стресс, производительность труда снижается. Прежде чем он сможет работать эффективно, ему необходимо адаптироваться. Обязанностью работодателя становится работа по адаптации нового работника. Трудовая адаптация – это сложный процесс, в рамках которого не только личность адаптируется к новой среде, но и среда испытывает воздействия «адаптантов».

Адаптант – это человек, проработавший на предприятии не более трех лет (работники с таким стажем составляют большую часть увольняющихся) [3, с. 193].

Подбор и прием на работу представляет собой длительный и дорогостоящий процесс, поэтому предприятия заинтересованы, чтобы принятый на работу сотрудник не уволился через несколько

месяцев. Помочь сотруднику влиться в новую организацию призваны процедуры адаптации.

Основная цель трудовой адаптации – привести в соответствие личные знания, опыт, цели и ценности работника с целями, ценностями и традициями организации, обучить его взаимоотношениям в конкретной организации [3, с. 194]. Наиболее актуальной в современных условиях становится адаптация работника к различным нововведениям, как вводимым на предприятии, так и происходящим в стране. Основными функциями трудовой адаптации являются:

- снижение издержек организации, сопряженные с наймом. Новый работник не может работать в полную силу, так как не знает пока еще специфику организации, целей, задач, в результате работает менее эффективно, чем опытные сотрудники, его работа требует более высоких затрат;
- сокращение увольнений среди новичков (сокращение текучести кадров). Если новый работник ощущает себя чужим в коллективе, ему не комфортны условия труда, то он покинет организацию;
- развитие положительного отношения к работе. Процесс трудовой адаптации должен заинтересовать работника и сформировать чувство удовлетворенности от работы.

Трудовая адаптация – это взаимное приспособление работника и организации. Основной задачей управления адаптацией является ускорение процесса адаптации, снижение негативных моментов, ее сопровождающих. Человек, работая в новом коллективе, активно включается в систему отношений организации и не только стремится изменить свое трудовое поведение, соответствующее новой трудовой ситуации, но и старается влиять на коллектив и руководство для изменения их отношения к нему. В результате взаимодействия работника и организации осуществляется процесс трудовой адаптации. Адаптация помогает новому сотруднику привыкнуть к коллективу, принять нормы и правила поведения, удовлетворить материальные, духовные потребности для успешной трудовой деятельности. Трудовая адаптация взаимодействует с потребностью в трудовой самореализации работника. Организация интересуется профессиональными, психологическими характеристиками новичка, чтобы учесть их при создании условий для его успешной адаптации. Новый работник заинтересован узнать как можно больше информации о каждой из сфер производства, чтобы скорректировать свои мотивы поведения на предприятии.

Нередко организационная адаптация оказывает более сильное влияние на работника, чем профессиональная. По мнению М. Армстронга, первое впечатление от компании очень важно для поддержания интереса к ней нового сотрудника [1]. Если минимально внимание к работнику или если его что-то не устраивает, может произойти нежелательный момент: новый сотрудник покинет

организацию, не адаптировавшись к работе в ней.

Серьезные проблемы организационной адаптации возникают у тех сотрудников, которые устраиваются на работу впервые, особенно если первое место работы – крупная организация со сложной организационной структурой и большой численностью персонала. У таких сотрудников еще нет опыта организационного поведения, поэтому часто возникают сложности в общении с коллегами. Как правило, новый сотрудник не решается обратиться для получения информации к коллегам, такие сотрудники не умеют работать со служебной документацией. Чтобы не возникало подобных проблем адаптации, необходимо ознакомить новых сотрудников со сложившейся корпоративной культурой организации, служебными взаимоотношениями между сотрудниками, системой документооборота. Надо рассказать ему об истории развития, миссии организации и личной миссии сотрудника, о клиентах и партнерах, дать ознакомиться с положением об организационной структуре предприятия и положением об отделе, должностной инструкцией.

Успешность трудовой адаптации зависит от взаимной заинтересованности организации и работника в эффективности трудового процесса. В процессе трудовой адаптации иногда выясняется, что человек выбрал не ту работу, которая соответствовала бы его знаниям, образованию, способностям. Быстрое включение новичка в трудовую деятельность, освоение им своих профессиональных функций, установление хороших отношений с трудовым коллективом позволит ему профессионально выполнять свои обязанности, повышая свое материальное благополучие и внутреннюю удовлетворенность новым местом работы.

При отборе кандидата на должность уже начинается процесс трудовой адаптации. При собеседовании становятся явными мотивы поступления на работу, ожидания от этой работы, то есть можно уже спрогнозировать, как долго он может проработать в данной организации. Выбор делает не только организация, но и претендент на должность.

На этапах введения в организацию и в должность новый сотрудник изучает цели, задачи организации и занимаемой им должности, знакомится с коллективом и сопоставляет полученную информацию со своими целями, ожиданиями. Руководство организации наблюдает за новичком, отвечает на возникшие вопросы, убеждается в правильности выбора данного человека на работу. В период приспособления «новичок» вливается в коллектив и адаптируется в нем в течение от одного месяца до года. Этап слияния предполагает, что наступил период полной акклиматизации: работник четко понимает свои обязанности, исполняет их, намечает дальнейшие цели, становится полноправным членом коллектива.

В организации от нового сотрудника ждут ско-

рейших результатов, он же – реализации своих заветных целей (финансовых, карьерных и т.п.). Напряжение в какой-то момент может достичь критической точки. Новому сотруднику может начать казаться, что в другом месте было бы лучше, что этой организации он «не нужен», что его недооценили. В итоге постепенно созревает решение об уходе, поскольку лояльность нового сотрудника к организации пока не сформирована и с его точки зрения он «еще ничего не должен». Причина ухода нового сотрудника заключается в том, что ему не хватило сил преодолеть проблемы адаптационного периода, перейти на следующий этап взаимоотношений с организацией, а организация не смогла ему в этом помочь. Чтобы адаптация новых сотрудников не заканчивалась увольнением, необходимо понимать важность адаптации и уметь правильно организовать этот процесс.

Хорошо организованная программа трудовой адаптации нового работника позволит ему направить свою мотивацию на работу с полной отдачей сил на благо организации. По нашему мнению, в организациях для уменьшения текучести кадров необходимо внедрять программу адаптации новых сотрудников. Для этого необходимо распланировать весь процесс по адаптации:

- разработать ряд документов, в которых четко прописаны система задач на период адаптации сотрудника, критерии оценки работы в этот период, сроки реализации той или иной цели, структура самой организации и схема взаимодействия отделов;
- провести предварительный инструктаж с работником о его востребованности (он может воздействовать на производственный процесс и сам отвечает за него);
- установить коммуникативную связь со стороны руководителя и коллектива в целом;
- провести оценку уровня квалификации и потенциала сотрудника;
- закрепить наставника в лице непосредственного руководителя;
- разработать программу мотивации для наставников;
- ознакомить работника с нормами, правилами поведения, традициям и обычаям, которыми живет коллектив.

В результате прохождения адаптационного периода сотрудники получают полную информацию об организации, выстраивают системы взаимодействия с коллегами, знакомятся с нормами и правилами корпоративной культуры организации. Для компании система адаптации персонала выявляет недостатки в существующей системе подбора персонала, создает механизмы оценки компетенций сотрудника и его потенциала, обосновывает кадровые решения в отношении новичка. Если по каким-то причинам все же персонал покидает организацию, то это психологически влияет и на оставшихся сотрудников, в результате чего у них происходит переоценка ценностей и

осознание своего места в организации. В результате организация теряет время на поиски нового сотрудника, увеличивается нагрузка на оставшихся сотрудников, что в итоге негативно влияет на результат. Если сотрудник при прохождении адаптации получил полную информацию об организации, поддержку со стороны руководства и коллектива, то он быстро адаптируется к условиям компании и останется в ней надолго.

Трудовая адаптация – это комплекс мероприятий, направленных на реализацию творческого и физического потенциала работника. Программа адаптации новых сотрудников позволит сократить сроки адаптации, обеспечит быстрое и бесконфликтное вхождение работника в новый коллектив, сократит текучесть кадров. Адаптированные работники отличаются высоким уровнем удовлетворенности работой и жизнью в целом.

Список литературы

1. Армстронг М. Практика управления человеческими ресурсами: Учебник / Пер. с англ. – 8-е изд. – СПб., 2004.
2. Замаева З.П., Чистякова А.В. Адаптационные ресурсы самообеспечения: социологический анализ // Социальная политика и социология. – Т.1. – №3. – 2013. – С. 20.
3. Шаталова Н.И., Галкин А.Г. Управление персоналом на производстве: Учебник. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2013. – С. 553.

УДК 377.5

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

INDEPENDENT EDUCATIONAL ACTIVITY OF STUDENT AS A MEANS OF DEVELOPING COMPETENCES SPECIALIST OF FUTURE SPECIALIST FOR RAILWAY TRANSPORT

Ключевые слова: самостоятельная образовательная деятельность, железнодорожный транспорт, компетентности, среднее профессиональное образование.

Keywords: independent educational activity, railway transport, competences, secondary vocational education.

Аннотация

В статье раскрыты пути развития компетентностей будущих специалистов железнодорожного транспорта посредством самостоятельной образовательной деятельности студентов средних профессиональных учебных заведений.

Annotation

The article reveals the path of development of the competences of the future specialists of railway transport through individual educational activity of students of secondary vocational schools.

Половникова Юлия Анатольевна

Курганский институт железнодорожного
транспорта, преподаватель,
poloUA45@mail.ru

Одним из направлений стратегии развития кадрового потенциала ОАО «Российские железные дороги» является обеспечение компании специалистами, способными ускорить внедрение новой техники и технологий, улучшить качество работы предприятия. Для реализации этого направления создана программа совершенствования процесса обучения и повышения квалификации на основе внедрения комплексного управления компетенциями и детализации имеющихся у сотрудников компетенций. Руководством ОАО «РЖД» сформулированы пять групп компетенций, предъявляемых современному специалисту: способность решать проблемы, способность управлять ресурсами, лидерство, умение грамотно ставить цели. Последняя из перечисленных компетенций предполагает умение работника выстраивать взаимодействие с другими членами команды (выслушивать и считаться с мнением коллег), расположенность к общению, обсуждению, способность договориться с вышестоящим руководством, умение обосновывать свою позицию и вести переговоры, коммуникативность. Необходимость развития коммуникативных качеств специалиста железнодорожной отрасли обусловлена усложнением его профессиональной деятельности: внедрением новой техники и модернизации существующей, обилием инструкций, нарастающим потоком информации, которую надо правильно принять, переработать и передать с полным сохранением содержания и смысла, выработать правильную стратегию поведения. Особое место в структуре коммуникативного потенциала трудящихся транспортной сферы занимает коммуникативная компетентность, которая подразумевает способность к установлению контактов, умение разрабатывать стратегию речевого поведения и осуществлять коммуникативное намерение (информирование, запрос информации и ее уточнение, удержание речевого контакта и т.д.).

Проблема развития коммуникативной компетентности будущих технических специалистов освещена в трудах Е.Е. Боровковой, В.И. Загвя-

зинского, Э.Ф. Зеер, вопросами формирования отдельных видов компетентностей (компетенций) занимались А.С. Белкин, И.А. Зимняя, Г.М. Коджаспирова, А.К. Маркова, А.В. Хуторской. В результате проведенного нами анализа диссертаций, научно-методической литературы и педагогической практики выявлены различные аспекты решения проблемы развития коммуникативной компетентности обучающихся. Так, психолого-педагогические условия развития коммуникативной компетентности описаны в работах И.Л. Васильевой, И.Н. Зотовой, С.А. Оськиной; педагогическое управление процессом – у И.В. Куламихиной, Е.Г. Петренко; формирование коммуникативной компетентности посредством информационных технологий изучалось А.А. Маркиной, Н.П. Смирновой, Н.Г. Фарышевой, а в традиционной учебно-познавательной деятельности – Ю.А. Абрамовой, Е.Ю. Федотовой. О коммуникативном потенциале студентов транспортного университета как составляющей профессиональной компетентности железнодорожника, о проблеме низкого уровня коммуникативных навыков и возможных способах их развития изложено в исследованиях Е.Т. Китовой, М.Ф. Панченковой, В.С. Паршиной и др. [2, с.3; 3, с. 42; 4]. Вместе с тем проблема развития коммуникативной компетентности студентов образовательных учреждений железнодорожного транспорта остается недостаточно изученной. В условиях перехода на ФГОС-3, где акцент делается на самостоятельную образовательную деятельность студентов (далее – СОД), считаем необходимым и определяем это как цель данной статьи – рассмотреть возможности СОД будущего специалиста в развитии его коммуникативной компетентности.

Современная наука называет коммуникативную компетентность интегративным личностным ресурсом, включающим интеллект, общий кругозор, систему межличностных отношений, специальные профессиональные знания, а также потенциал личностного развития и роста в овладении языком и коммуникативной деятельностью. Коммуникативная компетентность складывается из знаний и умений, основной упор делается на умения. Под коммуникативными умениями мы понимаем синтез общепсихологических, социально-психологических и специально-профессиональных качеств личности. Коммуникативные умения (коммуникативная компетентность) в международном контексте относятся к меж- и надпредметным умениям (или компетентностям). Содержание этой базовой ключевой компетентности включает элементарное владение языком, понимание мыслей других и способность выразить свои мысли, владение технологиями устного и письменного общения на разных языках, в том числе компьютерного программирования, умение пользоваться системой Интернет. Термин «коммуникативная компетентность» по-разному трактуется в различных источниках. Для нашей темы

оптимальным является определение, данное в Федеральных государственных стандартах, где под коммуникативной компетентностью понимается «умение ставить и решать определенные типы коммуникативных задач: определять цели коммуникации, оценивать ситуацию, учитывать намерения и способы коммуникации партнера (партнеров), выбирать адекватные стратегии коммуникации, быть готовым к осмысленному изменению собственного речевого поведения» [5]. В этом же документе перечислены элементы коммуникативной компетентности: способность устанавливать и поддерживать необходимые контакты с другими людьми, удовлетворительное владение определенными нормами общения, поведения, что в свою очередь предполагает усвоение этно- и социально-психологических эталонов, стандартов, стереотипов поведения, овладение «техникой» общения (правилами вежливости и другими нормами поведения) [5].

Самостоятельная образовательная деятельность студентов в контексте компетентностного подхода интерпретируется исследователями и практиками обучения как целенаправленная, инициативная, активная, относительно свободная деятельность обучающегося. Значение самостоятельной образовательной деятельности для развития студентов велико: она активизирует интеллектуальную деятельность, развивает мышление, логику, самоанализ и самооценку, стимулирует познавательные и профессиональные интересы, развивает творческую активность и инициативу, вырабатывает организационные умения, способствует эффективному овладению материалом. Академик РАО А.М. Новиков выделяет две формы СОД студентов: самообразование как целенаправленную образовательную деятельность, управляемую самой личностью обучающегося без участия педагога, и самостоятельную образовательную работу (по традиционной педагогической терминологии – самостоятельная учебная работа) как индивидуальную или групповую образовательную деятельность, осуществляемую без непосредственного руководства педагога, но по его заданиям и под его контролем [1]. В качестве универсальных примеров обозначенных форм самостоятельной образовательной деятельности студентов Курганского института железнодорожного транспорта (далее – КИЖТ) назовем работу с учебником, справочной литературой или первоисточниками, различные виды практической учебной деятельности, просмотр и создание тематических учебных фильмов, телепередач. К традиционным видам СОД обучающихся в нашем вузе отнесем следующие:

- решение задач, доработка и оформление записей по лекционному материалу;
- составление доклада, реферата;
- информационный поиск по специальным дисциплинам;
- подготовка к практическим, лабораторным,

семинарским занятиям и самостоятельная работа на них;

- самостоятельная работа при выполнении расчетно-графических работ и типовых заданий;
- подготовка к контрольным работам;
- сдача зачетов и экзаменов;
- освоение методик и проведение научных исследований в процессе обучения и в ходе производственных практик;
- выполнение курсовых работ и заданий творческого характера (выполнение рисунков, макетов, презентаций, изготовление наглядных пособий и т.д.);
- выполнение дипломных проектов.

Домашнее прослушивание лекций, консультации специалистов, посещение музеев, выставок, изучение конструкций зданий, аппаратов, сооружений, технологических систем, самостоятельное овладение теми или иными видами работ, орудиями труда являются специфичными видами самообразовательной деятельности студентов КИЖТ.

В настоящее время в работе с обучающимися мы активно используем два типа самостоятельной образовательной деятельности, оба они, являясь продолжением аудиторной работы, отличаются друг от друга по степени самостоятельности: при непосредственном участии преподавателя и без его участия во внеурочное время. Первый тип самостоятельной образовательной деятельности реализуется на занятиях, во внеурочное время либо в лабораториях на уровне проведения ориентированных на индивида или группу экспериментов, а также в ходе практик. Второй тип самостоятельной образовательной деятельности студентов осуществляется во внеурочное время в библиотеках, методических кабинетах, компьютерных классах и т.д. Примерами этих двух типов СОД могут быть такие виды, развивающие коммуникативную компетентность студентов, как чтение текстов, их аналитическая обработка и конспектирование, составление плана, тезисов ответа, подготовка сообщения, в том числе с использованием мультимедиа, применение компьютерной техники и Интернет.

Для выявления использования видов самостоятельной образовательной (учебной) работы преподавателями с целью развития базовой ключевой компетентности (коммуникативных умений) студентов нами был проведен опрос педагогов. В нем приняли участие преподаватели факультетов среднего профессионального образования институтов железнодорожного транспорта г. Кургана и г. Челябинска. В табл.1 продемонстрированы составляющие коммуникативной компетентности, виды самостоятельной учебной работы, способствующие их развитию, и их применение в СОД первого и второго типов.

Таблица 1
Развитие коммуникативной компетентности обучающихся посредством самостоятельной учебной работы

Содержание коммуникативной компетентности	Виды самостоятельной учебной работы, развивающие коммуникативную компетентность обучающихся	Применение видов самостоятельной учебной работы обучающихся (в %)	
		в аудиторное время (под руководством преподавателя)	во внеаудиторное время (без руководства преподавателя)
Понимание мыслей других	Чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы, нормативных источников)	56,2	61,5
	Аналитическая обработка текста	56,5	39,0
	Работа со словарями, справочниками	52,9	47,6
Способность выразить свои мысли	Конспектирование текста	67,8	61,5
	Составление плана текста, тезисов ответа	53,6	58,5
Владение технологиями устного и письменного общения на разных языках, в том числе компьютерного программирования	Подготовка сообщения (в том числе с использованием мультимедиа)	нет данных	68,8
Умение пользоваться системой Интернет	Использование компьютерной техники и Интернета	нет данных	74,4

Третий тип самостоятельной образовательной деятельности обучающихся, истинно самостоятельной, основанной на наличии у них соответствующих компетенций самостоятельной деятельности по силам, как правило, лишь «выдающимся» студентам. Пример третьего типа СОД – самостоятельная деятельность студентов в проектах, грантах, научных исследованиях, выполнение ими дипломных работ по заказам предприятий. Так, выпускники специальности «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство» приняли участие в конкурсе дипломных проектов по заданию железной дороги с целью дальнейшего внедрения разработок, выполнив реальные дипломные работы на темы «Модернизация пути» и «Использование комплексов щелочноочищающих машин и отделочных машин на очистке и ремонте балластных призм без съема путевой решетки». В ходе работы обучающиеся наблюдали и знакомились с действительными производственными процессами и технологиями, консультировались со специалистами отрасли различных уровней, изучали нормативы и документацию, что

не только углубило их специальные профессиональные знания, но и потребовало совершенствования их коммуникативных качеств (способность устанавливать и поддерживать необходимые контакты с другими людьми, овладение «техникой» общения и др.).

Большие возможности для развития коммуникативных качеств будущего специалиста дает учебная практика по геодезии. Организация практики предусматривает работу студентов в малых группах (парами, тройками). Малая численность группы и многовариантность заданий обеспечивают необходимую самостоятельность, а в групповом взаимодействии появляется возможность развития личностных и межличностных навыков, способности обосновывать решения, распределять и выполнять определенные роли. Например, на первом этапе при допуске к полевым работам студенты сообщают друг другу часть заранее подготовленного теоретического материала. Затем наступает этап решения поставленной преподавателем теоретической или практической задачи. Преподаватель выступает в роли модератора обсуждения, при необходимости корректируя его направление. Далее следует собственно проведение полевых работ, обработка и интерпретация результатов, оформление отчета. На каждом этапе идет анализ самостоятельной деятельности студента: где, как искал информацию, сумел ли выделить главное, почему не получилось, все ли необходимые факторы были учтены, правильно ли спланирована работа и т.п. Знания и умения, приобретенные при выполнении работы, закрепляются в процессе защиты результатов студентами разных команд и в процессе обязательного взаимосообучения.

Таким образом, самостоятельная образовательная деятельность обучающегося в образовательных учреждениях железнодорожного транспорта является одним из механизмов развития коммуникативного потенциала будущего специалиста, но требует дополнительных исследований разработки методических основ организации данного вопроса. Перспективными направлениями исследований совершенствования процесса развития коммуникативного потенциала студентов учебных заведений транспортной отрасли могут стать поиск новых приемов самостоятельной образовательной деятельности в тесной интеграции процесса обучения с реальным производством.

Список литературы

1. Новиков А.М. Формы обучения в современных условиях. URL: <http://www.anovikov.ru/artikle/forms.htm> (дата обращения: 08.04.2014).
2. Китова Е.Т. Развитие коммуникативного потенциала будущих специалистов транспорта: Автореф. ... канд. пед. наук. – Омск, 2007. – 24 с.
3. Панченкова М.Ф. Сущность, понятие и роль профессионально-коммуникативной компетентности в профессиональной подготовке будущих специалистов железнодорожного транспорта. URL: General and Professional Education. 2011. №2. URL: genproedu.com/paper/2011-02/full_040-046.pdf (дата обращения: 08.04.2014).

4. Паршина В.С. Формирование требуемых качеств у выпускника вуза на основе модели его компетенций. URL: <http://www.lib.csu.vch/097/121.pdf> (дата обращения: 08.04.2014).

5. Федеральный государственный стандарт. Глоссарий. URL: <http://standart.edu.ru/catalog.aspx> (дата обращения: 08.04.2014).

УДК 656.078.81/.87

ПРОБЛЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ХОЛДИНГА «РЖД»

PROBLEMS OF RAIL TRANSPORT IN THE DEVELOPMENT PHASE OF THE HOLDING «RZD»

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, развитие холдинга, железнодорожные перевозки, инфраструктурный сектор, стратегия, транспортная логистика, эффективность, конкурентоспособность, инвестиции, рыночный потенциал, высококвалифицированные специалисты.

Keywords: railway transport, development of the holding, rail transportation infrastructure sector, strategy, transport logistics, efficiency, competitiveness, investment, market potential, highly qualified specialists.

Аннотация

В статье проводится обзор существующих проблем железнодорожного транспорта с обозначением проблемы и ее решения на примере (стратегии развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года), анализируются основные факторы, влияющие на эффективность управления и развития отрасли. В работе рассматриваются некоторые основные положения и сценарии развития холдинга, а также текущее состояние процесса реструктуризации железных дорог в России.

Annotation

The article provides an overview of the existing problems with the designation of rail transport problem and its solution as an example (the development strategy of holding «Russian Railways» for the period up to 2030), analyzes the main factors affecting the effectiveness of management and development of the industry. The paper discusses some of the main provisions of the Holding and scenarios, as well as the current status of the restructuring of railways in Russia.

Полякова Татьяна Юрьевна

Филиал Уральского государственного университета путей сообщения в г. Тюмени, заместитель директора по воспитательной и социальной работе, тел. (3452) 69-63-19; TPolyakova@usurt.ru

Среди многих проблем в сфере развития железнодорожного транспорта наиболее важной стоит задача развития конкурентоспособности отрасли. Для решения данной проблемы на государственном уровне была разработана стратегия развития холдинга «РЖД».

Исходя из данной стратегии прогноз развития рынка транспортно-логистических услуг свидетельствует о сохранении тенденций, сложившихся в последние годы. Можно сделать выводы о том, что

- будут возрастать доли логистических, экспедиторских и складских услуг;
- сохранится более высокое бюджетное финансирование развития автодорожной отрасли, что безусловно повлияет на развитие конкурентоспособности и увеличит ключевой риск реализации перевозочного процесса железнодорожным транспортом;
- темп роста грузооборота автомобильного транспорта будет в два раза опережать темп роста грузооборота железнодорожного транспорта;
- продолжится реализация проектов по расширению трубопроводной и продуктопроводной сети [3].

Для увеличения лучших показателей развития железнодорожного транспорта, повышения квалификации специалистов, увеличения числа высококвалифицированных инженеров разработаны проект и стратегии.

Проектом Транспортной стратегии предусматриваются различные темпы развития видов транспорта. При этом темпы роста и грузооборота железнодорожного транспорта общего пользования ожидаются наименьшие при сохранности его роли и 83% доли рынка [4]. Одновременно с этим долгосрочным прогнозом социально-экономического развития предусмотрена индексация тарифов на грузовые перевозки на уровне инфляции.

Системный анализ состояния железнодорожного транспорта России и тенденций его развития показал, что, несмотря на его стабильную работу, для отрасли характерен ряд серьезных проблем:

1) уровень эффективности железнодорожного транспорта, существовавший ассортимент и качество услуг, предоставляемых пользователям, не в полной мере отвечали требованиям складывающейся экономической ситуации. Это было связано, в частности, с низким уровнем мотивации работников: отсутствием четкой связи вознаграждения сотрудников и результатов их труда, а также относительно невысоким уровнем оплаты труда отдельных категорий работников (особенно у работников нижних тарифных разрядов). Намечалась опасная тенденция оттока высококвалифицированных специалистов из отрасли;

2) совмещение функций хозяйственной деятельности и государственного регулирования в одном отраслевом органе государственного управления сдерживало развитие рыночных отношений

в отрасли и препятствовало развитию конкурентной среды;

3) система регулирования тарифов была недостаточно гибка и стабильна, изменения в уровне тарифов отличались низкой прогнозируемостью;

4) высокая степень износа основных фондов отрасли в условиях прогнозируемого роста спроса на перевозки требовала больших затрат на их текущее содержание и ремонт, создавала опасность потери технологической устойчивости железнодорожного транспорта и определяла значительную потребность в инвестициях;

5) произошло сокращение доли российского железнодорожного транспорта на традиционных и перспективных мировых рынках, отсутствовали условия для изменения этой тенденции и интеграции России в мировые транспортные рынки [1].

В период экономического роста основными направлениями развития работы железнодорожного транспорта становятся снижение собственных затрат, повышение мотивации работников отрасли, способность удовлетворять возрастающие требования пользователей к качеству услуг, гибко реагировать на изменения спроса. Решение этих вопросов связано в первую очередь с формированием и развитием конкуренции в области перевозок.

Неотложность решения данных проблем, а также наличие относительно благоприятных условий (экономических, социальных, политических) определили необходимость и возможность развития реформы железнодорожного транспорта.

Для увеличения привлекательности железнодорожного транспорта и привлечения внимания к развитию холдинга была разработана стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года.

Задача заключается в эффективном развитии конкурентоспособности на российском и мировом рынках транспортного бизнеса, ядром которого является эффективное выполнение задач национального железнодорожного перевозчика грузов и пассажиров и владельца железнодорожной структуры общего пользования.

Очевидно, что деятельность железнодорожного транспорта самым непосредственным образом влияет или может повлиять на решение поставленных задач.

Развитие ОАО «РЖД», в первую очередь, направлено на формирование высокоэффективного холдинга «РЖД», расширение его рыночного потенциала, рост капитализации, повышение инвестиционной привлекательности и усиление конкурентных преимуществ на стратегически значимых рынках.

В ходе структурной реформы на железнодорожном транспорте проявился ряд проблемных вопросов, которые требуют решения для эффективного развития железнодорожного транспорта.

Для решения этих вопросов важнейшее значение имеет Целевая модель рынка грузовых же-

лезнодорожных перевозок на перспективу до 2015 года, которая разработана по инициативе Общества и одобрена Общественной палатой Российской Федерации. В соответствии с проектом Целевой модели предусмотрено формирование института локальных перевозчиков и создание максимально устойчивой эффективной для отрасли инвестиционно привлекательной модели развития частных грузовых операторов. Приоритетными задачами на данном этапе являются:

- эффективное транспортное обслуживание экономики страны на основе повышения качества работы и инновационного развития ОАО «РЖД»;
- эффективное управление холдингом ОАО «РЖД» на основе Стратегии развития и целевых параметров до 2015 года;
- эффективное взаимодействие с государственными структурами по стратегическому развитию железнодорожного транспорта на основе финансовой модели холдинга ОАО «РЖД» [4].

На рынке грузовых перевозок будет развиваться конкуренция в сфере услуг по предоставлению грузовых вагонов среди частных компаний.

Подводя некоторые итоги, следует отметить, что реформирование железнодорожного транспорта должно проходить с учетом, прежде всего, необходимости комплексного развития рассматриваемой отрасли. Это означает, что государству с помощью различных методов регулирования следует стимулировать не столько исключительно использование инфраструктуры и грузовых вагонов, сколько ее восстановление и развитие.

В этой связи разработка данной стратегии развития холдинга на период до 2030 года может стабилизировать ситуацию в пользу развития железнодорожного транспорта.

Более того, в сложившихся условиях у железнодорожного холдинга появляется возможность существенного обновления парка подвижного состава и инфраструктуры при относительно низких затратах. Так, в условиях снижения спроса (а соответственно и цен) на продукцию вагоно- и тепловозостроительных предприятий, приобретение крупных партий подвижного состава посредством государственного заказа представляется весьма целесообразным. Более того, такая мера обеспечит загрузку мощностей производителей подвижного состава, тем самым сохраняя рабочие места на данных предприятиях. Загрузка мощностей, в свою очередь, повысит спрос на сырье и материалы, необходимые для производства, что позитивно скажется на состоянии производственной выработки предприятий-поставщиков сырья (металлургических, химических и др. предприятий).

Таким образом, основной целью стратегии и реформирования железнодорожного транспорта должна быть, прежде всего, эффективность выполнения точной разработанной стратегии с учетом всех минусов и плюсов миссии развития холдинга, функционирования отрасли как целост-

ной инфраструктурной системы. Применительно к этой цели необходимо просчитать целесообразность применения тех или иных моделей, будь то конкуренция или государственное управление. Необходимо точное соблюдения стратегии, ведь в ней отражены все возможные риски и угрозы. Исходя из этапов их развития вносить соответствующие корректировки.

Список литературы

1. О программе структурной реформы на железнодорожном транспорте // Постановление Правительства РФ от 18 мая 2001 г. № 384 (с изменениями от 20 декабря 2004 г.).
2. О естественных монополиях // ФЗ № 147 от 17 августа 1995 г.
3. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года (утвержденная советом директоров ОАО РЖД, протокол № 19 от 23.12.2013).
4. О реформах развития // Евразия вестн.

УДК 656.072

АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОАО «РЖД» НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ХОЛДИНГА

ANALYSIS OF INVESTMENT ACTIVITY OF JSC «RUSSIAN RAILWAYS» AT THE PRESENT STAGE OF DEVELOPMENT GROUP

Ключевые слова: ОАО «РЖД», инвестиции, инвестиционные проекты, инвесторы.

Keywords: JSC «Russian Railways», investments, investment projects, investors.

Аннотация

Основой развития экономики и, как следствие, социально-экономического развития страны является увеличение ресурсов производства и их использование. В свою очередь, основным источником увеличения капитала как одного из ресурсов производства являются инвестиции. При этом увеличение инвестиций является стратегической целью как общества в лице государства и реализуемой им политики, так и отдельного предприятия, для которого она приобретает частный характер достижения стратегических целей: развития, повышения эффективности и конкурентоспособности и т.д. В этой статье пойдет речь о инвестиционной деятельности «ОАО РЖД».

Annotation

The main development of the economy and, as a consequence, the socio-economic development is to increase the production of resources and their use. In turn, the main source of capital increase as one

of the production resources are an investment. The increase in investment is a strategic goal of society as represented by the state and sold them both policy and individual enterprise, for which it acquires the private nature of the achievement of strategic objectives: the development, improve the efficiency and competitiveness, etc. In this article we will talk about investment activity «Russian Railways».

Селина Ольга Викторовна

Уральский государственный университет
путей сообщения,

ст. преподаватель кафедры «Экономика
транспорта», ovobuhova@usurt.ru

Горшкова Наталья Николаевна

Уральский государственный университет
путей сообщения,
студентка

Открытое акционерное общество «Российские железные дороги» (далее – ОАО «РЖД») представляет собой транспортную компанию, функционирующую в сфере железнодорожных перевозок (грузовых и пассажирских), которая была создана 01.10.2003 г. согласно постановлению Правительства РФ от 18.09.2003 г. №585 «О создании открытого акционерного общества «Российские железные дороги»». С момента создания и по настоящее время единственным акционером общества является его учредитель – Российская Федерация, управление обществом от лица которого осуществляется Правительством РФ.

Миссия компании заключается в удовлетворении рыночного спроса на железнодорожные перевозки, а также в повышении эффективности деятельности, качества услуг и глубокой интеграции в евро-азиатскую транспортную систему. Главная цель общества – обеспечение потребностей в железнодорожных перевозках и получение прибыли – достигается путем функционирования общества в следующих сферах:

- пассажирские перевозки (в дальнем и пригородном сообщении),
- грузовые перевозки,
- строительство инфраструктурных объектов,
- ремонт подвижного состава,
- предоставление услуг частным перевозочным компаниям: услуги инфраструктуры, услуги локомотивной тяги и др.,
- НИОКР,
- услуги социальной сферы.

В настоящее время компания представляет собой естественного монополиста в сфере железнодорожных перевозок, незначительную конкуренцию в отдельных сегментах рынка ей составляют частные перевозчики, которые предлагают услуги, прежде всего, в высокоприбыльных сегментах. Их возникновение стало возможно благодаря исключению вагонной составляющей из тарифов на услуги предоставления инфраструктуры. Частные компании при этом либо используют собственный подвижной состав, либо оперируют арендован-

ным подвижным составом, арендодателем которого выступает ОАО «РЖД», также являющееся основным поставщиком подвижного состава на продажу в лице некоторых из своих дочерних и зависимых обществ. Таким образом, можно констатировать ключевую роль ОАО «РЖД» в обеспечении транспортного сообщения страны, а также ее безопасности, обеспечение единства социально-экономического пространства страны в силу стягивания территории (43,3% грузооборота и 31,5% пассажирооборота РФ).

Темпы развития российской экономики требуют соответствующего совершенствования и развития железнодорожной инфраструктуры, которая является основой транспортной системы страны. Главными задачами, закладываемыми в основу Инвестиционной программы ОАО «РЖД», являются:

- ликвидация «узких мест» на основных направлениях сети железных дорог с учетом перспективных объемов перевозок (строительство дополнительных главных путей, развитие железнодорожных станций, модернизация средств автоматики и связи и другие работы);
- обновление парка подвижного состава;
- обеспечение эксплуатационной надежности и безопасности перевозочного процесса (снижение износа основных фондов, увеличение надежности работы устройств, оборудования, машин и механизмов, обеспечение их соответствия современным требованиям);
- обеспечение инфраструктуры железных дорог новыми эксплуатационными качествами (возможности пропуска тяжеловесных грузовых поездов, пассажирских поездов с более высокими скоростями или новыми габаритами).

Структура капитальных вложений ОАО «РЖД» по направлениям инвестирования за последние годы сильно менялась [1]. Общий объем средств, освоенный в 2011 году в рамках инвестиционного бюджета ОАО «РЖД», составляет 395,4 млрд рублей.

В качестве приоритетных задач компании в 2011 году были определены:

- развитие железнодорожной инфраструктуры в целях подготовки и проведения XXII Олимпийских зимних игр и XI Паралимпийских зимних игр 2014 года в г. Сочи, для обеспечения транспортного обслуживания XXVII Всемирной летней Универсиады 2013 года в г. Казань, Саммита АТЭС в г. Владивостоке в 2012 году;
- развитие железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам России;
- обеспечение безопасности перевозочного процесса.

Кроме того, в 2011 году продолжалась реализация проектов, направленных на увеличение пропускной способности участков железнодорожной сети.

В целях развития подходов к портам Северо-Запада осуществлялись необходимые работы в

рамках проектов «Комплексная реконструкция участка Мга-Гатчина-Веймарн-Ивангород и ж.д. подходов к портам на южном берегу Финского залива», «Реконструкция железнодорожного пути», «Строительство и реконструкцию искусственных сооружений» и др.

Основными проектами, направленными на развитие подходов к портам Юга России, являются «Комплексная реконструкция участка М.Горький – Котельниково - Тихорецкая - Крымская с обходом Краснодарского узла», «Комплексная реконструкция участка Трубная – В.Баскунчак – Аксарайская», «Строительство вторых путей, удлинение станционных путей, развитие ж.д. узлов, развитие сортировочных станций» и др.

Развитие Транссиба, БАМа, подходов к портам Дальнего Востока осуществлялось в рамках проектов «Реконструкция участка Комсомольск-на-Амуре – Советская Гавань со строительством нового Кузнецовского тоннеля», «Комплексное развитие участка Междуреченск – Тайшет Красноярской железной дороги», «Строительство вторых путей, удлинение станционных путей, развитие ж.д. узлов, развитие сортировочных станций».

В целях повышения транспортной доступности для населения страны осуществлялась реализация проектов «Строительство дополнительного главного пути на участке Москва – Крюково», «Организация интермодальных пассажирских перевозок по маршруту Владивосток – аэропорт “Кневичи”», «Развитие ж.д. инфраструктуры для обеспечения транспортного обслуживания XXVII Всемирной летней Универсиады 2013 г.».

В целом в 2011 году ввод фондов составил 313,1 млрд руб. При этом введено свыше 186 км вторых путей, 156,4 км станционных путей, 153,9 км электрификации. Реконструировано 2710 км железнодорожных путей, обновлено более 773 стрелок ЭЦ, более 437,7 км автоблокировки, 10 тяговых подстанций.

В 2011 году закончены работы на следующих крупных искусственных сооружениях:

- реконструкция Большого Новороссийского тоннеля Северо-Кавказской ж.д.;
- реконструкция Крольского тоннеля на участке Абакан – Тайшет Красноярской ж.д.;
- реконструкция моста нечетного пути через реку Зей на 7817 км участка Сковородино – Белогорск Забайкальской ж.д.;
- реконструкция мостового перехода через р. Москву на 16 км 1 и 2 пути линии Москва – Курск Московской ж.д.;
- реконструкция моста 1 пути через р. Волга на 754 км участка Канаш – Агрыз Горьковской ж.д.;
- мост через р. Нерль на 202 км участка Москва – Нижний Новгород Горьковской ж.д.

На обновление подвижного состава направлено 66,4 млрд руб. Приобретено 453 единицы тягового подвижного состава и 526 единиц моторвагонного подвижного состава.

Кроме того, в 2011 году был продолжен про-

цесс совершенствования системы управления инвестиционной деятельностью в части дальнейшей отработки технологий проектного подхода при реализации Инвестиционной программы ОАО «РЖД».

Первоначальный объем инвестиционного бюджета ОАО «РЖД» на 2012 год, утвержденный советом директоров ОАО «РЖД» 29.11.2011 г., составлял 428,4 млрд рублей и являлся самым масштабным за всю историю компании. Тем не менее, благодаря комплексу мер по снижению издержек и увеличению эффективности деятельности компании в течение 2012 года, его параметры удалось увеличить на 53,2 млрд рублей (или на 12,4%). Кроме того, в декабре 2012 года инвестиционный бюджет Компании был оптимизирован на сумму 10,7 млрд рублей.

Таким образом, общая сумма инвестиционного бюджета ОАО «РЖД» в 2012 году составила 481,6 млрд рублей.

Основными приоритетами инвестиционного бюджета на 2012 год определены следующие направления:

- реализация государственных программ в части подготовки железнодорожной инфраструктуры к проведению Зимних Олимпийских игр в 2014 году, Всемирной летней Универсиады 2013 года, Саммита АТЭС в г. Владивостоке в 2012 году – около 73,2 млрд рублей;
- обеспечение транспортной безопасности – около 67,9 млрд рублей;
- реализация проектов, связанных со снятием инфраструктурных ограничений – порядка 178,5 млрд рублей.

В целях подготовки железнодорожной инфраструктуры к проведению Олимпийских игр, Универсиады и Саммита АТЭС осуществлялась реализация следующих проектов:

- совмещенная (автомобильная и железная) дорога Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис»;
- организация интермодальных пассажирских перевозок на участке от железнодорожной станции Казань до международного аэропорта Казань;
- организация интермодальных пассажирских перевозок по маршруту Владивосток – аэропорт Кневичи.

В целях обеспечения транспортной безопасности выполнялись следующие мероприятия:

- повышение безопасности движения;
- обновление предприятий путевого комплекса;
- обеспечение экологической безопасности;
- обеспечение пожарной безопасности (посты ЭЦ, станции);
- внедрение программы корпоративной информатизации (автоматизация перевозочного процесса).

Проекты, связанные со снятием инфраструктурных ограничений, включают в себя увеличение пропускных способностей в направлениях основных портов России и повышение транспортной

доступности для населения. Так, в 2012 году продолжилась реализация таких крупных инвестиционных проектов, как

- комплексная реконструкция участка Мга – Гатчина – Веймарн – Ивангород и железнодорожных подходов к портам на южном берегу Финского залива;
- реконструкция участка Комсомольск-на-Амуре – Советская Гавань со строительством нового Кузнецовского тоннеля;
- комплексная реконструкция участка М. Горький – Котельниково – Тихорецкая – Крымская с обходом Краснодарского узла;
- развитие Московского транспортного узла;
- строительство дополнительного главного пути на участке Москва – Крюково.

На обновление подвижного состава в 2012 году было направлено 75,7 млрд рублей. В частности, закуплено 532 локомотива и 475 единиц моторвагонного подвижного состава.

Объемы оздоровления пути всеми видами ремонта сохраняются на уровне 2011 года – 10,4 тыс. км. Кроме этого, реконструировано порядка 370 км контактной сети, обновлено около 762 стрелок ЭЦ.

Инвестиционную программу ОАО «РЖД» на 2013 г. можно охарактеризовать как имеющую:

- высокую капиталоемкость инвестиционных проектов;
- стратегическую важность для государства и экономики страны;
- высокий приоритет необходимости исполнения большинства проектов (зачастую вне зависимости от расчетных показателей коммерческой эффективности этих проектов);
- предусматривающую безусловное участие государства в качестве одного из источников финансирования капиталоемких проектов развития железнодорожной инфраструктуры.

В целом, объем средств, предусмотренный инвестиционным бюджетом ОАО «РЖД», в 2013 году составляет 439,5 млрд руб.

В целях повышения прозрачности расходования инвестиционных средств в 2013 году инвестиционный бюджет ОАО «РЖД» представлен в виде самостоятельных блоков, показывающих распределение средств, исходя из приоритетности их реализации в разрезе ключевых задач:

- проекты, связанные с выполнением поручений Правительства Российской Федерации, – 50,0 млрд руб.;
- обеспечение безопасности – 52,3 млрд руб.;
- снятие инфраструктурных ограничений – 157,4 млрд руб.;
- повышение транспортной доступности для населения страны – 48,5 млрд руб.;
- обновление подвижного состава – 112,6 млрд руб.;
- прочие проекты – 18,6 млрд руб.

В 2013 году в рамках инвестиционного бюджета ОАО «РЖД» продолжилась реализация ряда

проектов развития железнодорожной инфраструктуры Московского транспортного узла, таких как

- реконструкция Малого кольца Московской железной дороги (железнодорожная инфраструктура);

- организация ускоренного движения электропоездов на направлениях Москва – Новопеределкино, Москва – Одинцово и Москва – Усово;

- строительство дополнительных главных путей на участках Москва – Крюково, Домодедово (Авиационная) – аэропорт Домодедово, а также на северном участке Большого московского окружного кольца (Пост 81 км – Дмитров – Икша – Поварово) [2].

При этом необходимо отметить, что в текущем году планируется запуск движения скоростных электропоездов на участке Москва-Новопеределкино.

В целом реализация всего комплекса мероприятий по проектам, позволит обеспечить к 2020 году перспективный пассажиропоток в размере 1 млрд пассажиров в год, обеспечить транспортную доступность аэропортов Московского авиационного узла в связи с прогнозируемым увеличением пассажиропотока, а также будут реализованы проекты организации ускоренного движения электропоездов в связях Москвы с городами-спутниками, что позволит существенно снизить уровень напряженности в пригородном железнодорожном сообщении, сократить время в пути и создать комфортные условия пассажирам.

На обновление подвижного состава в 2013 году планировалось направить 112,6 млрд руб. Большая часть данных средств направлена на обновление тягового подвижного состава – 84,7 млрд руб., что позволило приобрести 770 ед. тягового подвижного состава.

Кроме тягового подвижного состава в 2013 г. направлено 26,8 млрд руб. на обновление моторвагонного подвижного состава. Закупка ОАО «РЖД» пригородного подвижного состава в рамках инвестиционной программы необходима с целью поддержания технического состояния парка на уровне, необходимом для качественного предоставления услуг по перевозке пассажиров в пригородном сообщении.

На реализацию прочих проектов в 2013 году предусмотрено 18,6 млрд руб., которые направлены на:

- внедрение ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий;
- внесение денежных средств в уставный капитал акционерных обществ;
- приобретение акций сторонних организаций;
- проекты социального развития.

Среди источников финансирования проектов можно выделить средства бюджетов (федерального и региональных), а также средства частных инвесторов, в которые наряду с ОАО «РЖД», чья доля среди всех инвесторов по прогнозам максимальна (59,9% по минимальному варианту

стратегии и 55,8% по максимальному варианту), отмечены также другие частные инвесторы. При этом возможности привлечения частного инвестиционного капитала предусмотрены лишь для ряда проектов.

Прежде всего, внешние источники финансирования ориентированы на использование средств бюджетов федерального и регионального уровня, а также средств ОАО «РЖД». Участие частных инвесторов предполагается в рамках инвестирования проектов для линий следующих типов: грузообразующие, технологические и высокоскоростные. При этом ориентация идет, прежде всего, на конечных пользователей указанных линий.

Таким образом, объекты социального и стратегического значения инвестируются за счет внешних средств, полученных от бюджетов различных уровней. Средства крупнейших компаний используются на осуществление проектов, ориентированных на расширение сети железных дорог и их эффективности по направлениям, которые они могут использовать в своей деятельности (например, для развития станций примыкания для повышения грузооборота и для присоединения путей промышленных предприятий к общей сети используются средства таких компаний, как ООО «ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез», ООО «Петро-Гранит», ОАО «Михайловский ГОК», ЗАО «Калужский научно-производственный электрометаллургический завод» и других [3]). Данное направление достаточно перспективно для использования. В частности по причине того, что крупнейшие промышленные предприятия имеют в своей собственности часть железнодорожной инфраструктуры, необходимой им в основной деятельности. Соединение ее с общей железнодорожной сетью страны позволит повысить эффективность, что делает подобные проекты целесообразными для частных инвесторов. Также это повысит величину грузооборота и эффективность работы ОАО «РЖД» с такими компаниями, что определяет важность реализации подобных проектов в рамках стратегии развития холдинга ОАО «РЖД» и сети железных дорог России.

Роль инвестиционной деятельности для развития компании очень велика и заключается в результатах, которые она позволяет достичь (в частности, повышение производительности труда, модернизация производства, повышение конкурентоспособности предприятия и т.д.). ОАО «РЖД» представляет собой транспортную компанию, функционирующую в сфере железнодорожных перевозок с целью обеспечения потребностей в них в РФ и получения прибыли.

Анализ инвестиционной деятельности общества, в том числе в части работы с внешними источниками финансирования, позволил сделать следующие выводы.

Работа общества с привлечением инвестиций из бюджетов различных уровней может быть признана удовлетворительной, однако это во многом

определяется не деятельностью общества, а тем, что оно имеет стратегическое значение в функционировании экономики страны как системообразующее предприятие отрасли железнодорожных перевозок.

В области работы с частными инвесторами можно выделить ряд проблем, в частности: низкая конкурентоспособность инвестиционных проектов, высокие барьеры входа на рынок перевозок, неопределенность приоритетных сфер частного инвестирования, отсутствие эффективной методики прогнозирования эффективности инвестиционных проектов и т.д.

Решение указанных проблем возможно с реализацией следующих рекомендаций:

- проведение комплексного анализа всех аспектов деятельности компании и выявление перспективных областей для частного финансирования инвестиционных проектов, а также особенностей работы с частными инвесторами по каждой области,

- использование государственно-частного партнерства, в том числе в связках РФ – ОАО «РЖД» – частные инвесторы, в которых общество может выступать еще и как координатор отношений других участников,

- размещение акций ОАО «РЖД» в открытом доступе с сохранением контрольного пакета у государства,

- повышение эффективности использования заемного капитала в инвестиционной деятельности, в том числе за счет разработки методики принятия решения о привлечении заемного капитала и контроля за его использованием,

- совершенствование методики оценки эффективности проектов,

- разработка и внедрение системы мониторинга реализации проекта.

Реализация предложенных мероприятий позволит компании повысить эффективность инвестиционной деятельности, а также может послужить объектом заимствования для других компаний, что в целом позволит повысить конкурентоспособность не только отдельных компаний, но и экономики страны.

Список литературы

1. Официальный сайт ОАО «РЖД». URL: <http://ir.rzd.ru.static.public.ru/>.

2. Годовой отчет ОАО «Росжелдорпроект» за 2012 год. URL: <http://www.disclosure.ru/issuer/GetFileMD5?md5=2ea00dd30077e>.

3. Подпрограмма «Развитие экспорта транспортных услуг». URL: http://knowledge.allbest.ru/economy/2c0a65625b2ad78b4c53b89421216c36_0.html.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИНДЕКС КЛИЕНТСКОЙ ЛОЯЛЬНОСТИ

FACTORS INFLUENCING ON INDEX OF CUSTOMER LOYALTY

Ключевые слова: клиентская лояльность, индекс клиентской лояльности, факторы клиентской лояльности, численная оценка факторов.

Keywords: customer loyalty, index of customer loyalty, the factors of customer loyalty, numerical estimate of factors.

Аннотация

В статье описывается понятие клиентской лояльности, определяется её численный показатель и влияющие на него факторы, указываются области бизнеса, активно использующие методики измерения индекса клиентской лояльности.

Annotation

The article describes the concept of customer loyalty, determine his numerical index and factors influencing on it, identifies areas of business, actively using measurement techniques customer loyalty index.

Текутьев Леонид Александрович

Тюменский государственный нефтегазовый университет,

аспирант кафедры «Сервис автомобилей и технологических машин»,

тел. (3452) 37-97-96; tekutyev@gmail.com

С развитием рыночных отношений и усилением конкуренции в России работа с потребителем становится все более актуальной для каждого участника рыночных отношений, прямо или опосредованно выносящего свой продукт на суд потребителя. Поведение потребителей – область знаний, выходящая за рамки сугубо маркетинговой сферы деятельности. Для его понимания используются такие термины, как клиентская лояльность и индекс клиентской лояльности [9].

Клиентская лояльность – приверженность покупателей торговой марке, мотивированная прочно укоренившейся привычкой покупать одно и то же изделие, товар или пользоваться одной и той же услугой, невосприимчивость к цене товара, отвержение альтернативы [8].

В современных условиях, когда большинство рынков являются высококонкурентными, особую значимость приобретают вопросы формирования и поддержания лояльности.

Для численной оценки клиентской лояльности применяется такой показатель, как индекс клиентской лояльности.

Индекс клиентской лояльности – комплексный численный показатель клиентской удовлетворённости, с помощью которого возможно определить сильные и слабые стороны организации процесса обслуживания на предприятии.

В современной России, как и в мире в целом, вопросами клиентской лояльности больше всего занимаются в таких отраслях, как банковской дело, отельный бизнес и в дилерских центрах по продаже и обслуживанию автомобилей [6].

В данной статье рассмотрим факторы, влияющие на индекс клиентской лояльности в автомобильном бизнесе, а именно – на станции сервисного обслуживания и ремонта автомобилей.

На основе анализа литературы выявлены следующие группы факторов, влияющих на индекс клиентской лояльности:

- 1) удобство и комфорт [2; 3]
 - легкость парковки,
 - общий вид сервисного центра,
 - внешний вид зоны ожидания клиентов;
- 2) персонал [2;4]
 - доступное и понятное объяснение работ, которые необходимо произвести с автомобилем,
 - получение четкой информации о стоимости работ до их выполнения,
 - степень доверия к сотрудникам сервиса;
- 3) скорость обслуживания [7]
 - оперативность приема машины в ремонт,
 - соблюдение сроков обслуживания ремонта машины,
 - время ожидания при получении автомобиля из ремонта/обслуживания,
 - время выполнения работ сервисным центром от момента сдачи автомобиля до момента получения,
 - скорость и удобство оплаты,
 - оперативность оформления документов;
- 4) качество [5]
 - качество произведенных работ,
 - соответствие заявленных работ выполненным,
 - четкое объяснение всех выполненных работ при выдаче автомобиля,
 - чистота автомобиля при получении его из сервисного центра,
 - полная информация о стоимости проведенных работ,
 - возникали ли какие-либо затруднения, сложности во время последнего сервисного обслуживания Вашего автомобиля;
- 5) цена – качество [12;1]
 - стоимость запасных частей, использованных вами при ремонте автомобиля и приобретенных в данном дилерском центре;
- 6) намерения на будущее [10;11]
 - если бы у Вас был выбор, в каком сервисном центре обслуживаться, обратились бы Вы в этот сервисный центр еще раз?
 - скажите, порекомендовали бы Вы этот сервисный центр своим друзьям или знакомым

для ремонта или обслуживания автомобиля?

На каждый из этих вопросов предлагаются варианты ответов от 1 до 5, которые впоследствии переводятся в баллы. Что касается группы намерения на будущее, то ответ «да» приравнивается к 5 (пяти) балам, ответ «нет» – к 1 (одному) баллу (табл.1).

Таблица 1
Соответствие полученных ответов и баллов

Вариант ответа	Сумма баллов
5	100
4	75
3	50
2	25
1	0

Таким образом, зная факторы, влияющие на индекс клиентской лояльности, и их численные показатели возможно как повысить доходность станции сервисного обслуживания автомобилей, так и снизить её затраты, что в свою очередь повлечёт повышение прибыльности предприятия в целом.

Список литературы

1. Албитов А. CRM (Customer Relationship Management) эффект. URL: <http://www.cfin.ru/itm/crm-review.shtml>, свободный. – Загл. с экрана.
2. Волгин В.В. Автосервис и права потребителей. – М.: Издательство Дашков и Ко, 2006. – 160 с.
3. Волгин В.В. Автосервис. Маркетинг и анализ. – М.: Издательство: Дашков и Ко, 2005. – 496 с.
4. Волгин В.В. Автосервис. Производство и менеджмент. – М.: Дашков и Ко, 2005. – 520 с.
5. Гладкий А. Как обманывают в автосервисе. – СПб.: Питер, 2008. – 144 с.
6. Масуев М.А. Проектирование предприятий автомобильного транспорта. – М.: Академия, 2007. – 224 с.
7. Михаил Дымищ. Потребительская лояльность. Механизмы повторной покупки. – М.: Издательство Вершина, 2007. – 200 с.
8. Никишкин В.В., Гурова И. В. Роль маркетинговых исследований в разработке стратегии изучения потребителей // Маркетинг в России и за рубежом. – 1999. – № 4. – С. 78-91.
9. Gregory Ciotti Article: How to Turn New Customers into Repeat Customers.
10. Lonnie Miller. Automotive Customer Loyalty - Who's Winning and How. Blog Posts
11. Nicky Buss, Blair Crawford, Jonathan Gordon and Jan St-Maurice. Информационно – аналитический журнал McKinsey: статья Marketing Solutions, January 2011; July 2011, выходит на ежемесячной основе.
12. Tim Gilles .Automotive Service: Inspection, Maintenance and Repair, Cengage Learning, 2003 - Technology & Engineering - 1276 p.

УДК 656.135(076.5)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТАВКИ ЗЕРНА С ЗАПАДНО- СИБИРСКОГО РЕГИОНА В МОРСКОЙ ПОРТ Г. НОВОРОССИЙСКА

IMPROVING THE ORGANIZATION OF DELIVERY OF GRAIN FROM WESTERN SIBERIA TO THE SEA PORT, NOVOROSIYSK

Ключевые слова: мультимодальные перевозки, доставка груза, контейнерные перевозки, перевозка грузов.

Keywords: multimodal transportation, delivering cargo, container transport, transportation of loads.

Аннотация

Предложена мультимодальная доставка зерна с Западно-Сибирского региона в морской порт г. Новороссийск. Проанализированы грузопотоки железнодорожного и автомобильного транспорта. Использование двух видов транспорта позволило снизить сроки доставки на 80% и снизить затраты на 17%.

Annotation

Proposed multimodal shipping grain from Western Siberia to the sea port, Novorossiysk. Analyzed freight traffic by railway and road transport. The use of two types of transport allowed to decrease the delivery time by 80% and to reduce costs by 17%.

Шепелёв Владимир Дмитриевич

Южно-Уральский государственный университет,
доцент, канд. техн. наук,
тел. (922) 635-635-5; shepelev1978@mail.ru

Шеломенцев Валерий Анатольевич

Южно-Уральский государственный университет,
инженер
тел. (951) 110-88-55; shva-72@mail.ru

Практика функционирования отечественного зернового рынка показала, что для его устойчивости важным является не только достижение производства зерна по объему, ассортименту и свойствам, соответствующим спросу на него, но и доставка его до конечного потребителя в необходимые сроки, с минимальными издержками и с теми же количественными и качественными показателями [1].

Объектом исследования являются зерновой рынок страны и производственная инфраструктура рынка зерна Западно-Сибирского региона (ЗСР) и Челябинской области, задействованная в обслуживании экспортных потоков.

Высокая стоимость транспортировки зерна на экспорт с ЗСР традиционным способом (железнодорожным транспортом) сильно влияет на конечную стоимость продукта.

Затраты на транспортную логистику в конечной стоимости экспортного зерна достигают 70% от стоимости самого товара (до 2000 г. логистические издержки не превышали 30-40%). В результате производители зерна в ЗСР теряют конкурентоспособность на мировом рынке. Время доставки груза за последние 10 лет по железной дороге выросло более чем в полтора раза.

Периодически возникает дефицит в обеспечении вагонами, что приводит к срыву крупных международных контрактов. Парк вагонов зерновозов стареет и происходит его естественное выбытие. Специализированный подвижной состав дорог в производстве в силу его малой универсальности и специфичности.

Средний возраст вагонов-зерновозов составляет 25 лет при установленном сроке службы 30 лет [2]. Количественный парк вагонов-зерновозов представлен на рис. 1.

Железнодорожные перевозки характеризуются крайне низкой скоростью движения груза, которая в пиковые периоды достигает 138 км/сутки. Высокая стоимость, дефицит специализированных вагонов для перевозки зерна и низкая скорость на железнодорожном транспорте ставят перед необходимостью поиска альтернативных способов доставки.

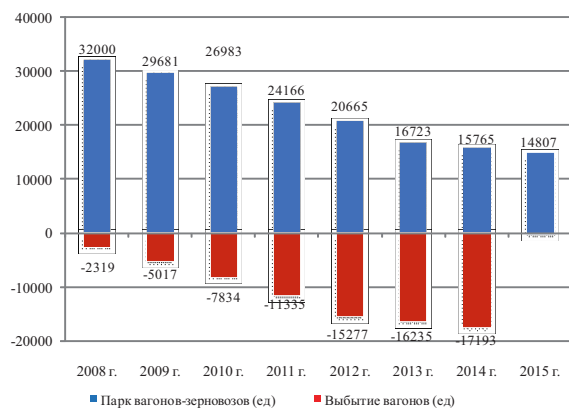


Рис. 1. Парк вагонов-зерновозов

В сегменте автоперевозок существует два рынка: рынок в западном и в восточном направлении. Перевозка груза по маршруту Челябинск – Новосибирск стоит примерно в 2-2,5 раза больше, чем в обратном направлении. Это происходит из-за разницы в потоке грузов. В Сибирь идет большой трафик грузов с различных регионов страны, особенно с Запада и Урала. После доставки грузов в ЗСР формируется «узкое место» на участке Новосибирск – Челябинск, где у перевозчиков концентрируется порожний грузовой транспорт. В результате возникают большие простои в ожидании попутных загрузок, более 30% перевозчиков

вынуждены возвращать подвижной состав порожним. Сложившаяся рыночная конъюнктура на данных направлениях особенно явно выражена в стоимости перевозки автопоездами, грузоподъемностью 20 тонн (рис. 2).

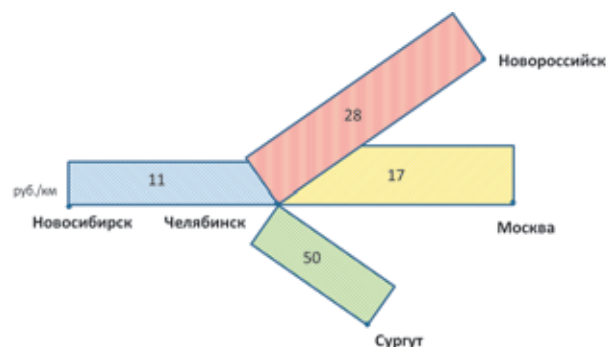


Рис. 2. Стоимость доставки автомобильным транспортом

Для железнодорожного транспорта характерна концентрация грузовых перевозок на отдельных направлениях железнодорожной сети. Основная нагрузка приходится примерно на 10-процентную протяженность ее эксплуатационной длины. Исторически примерно половина всего грузооборота выполняется 1/6 частью железных дорог. К наиболее грузонапряженным линиям относится Транссибирская магистраль, особенно ее участок от Омска до Новосибирска (это наиболее грузонапряженный участок железной дороги в мире – более 100 млн т-км на 1 км длины).

Основной причиной наличия «узких мест» в пропускной способности железных дорог является недостаточная пропускная способность перегонов. Причиной появления участков с заполнением пропускной способности выше допустимого уровня является также недостаточная мощность устройств тягового электроснабжения и длина приемоотправочных, сортировочных и вытяжных путей на промежуточных, участковых и сортировочных станциях. Это снижает пропускную и перерабатывающую способность станций, приводит к задержкам поездов у входных сигналов, в целом снижает участковую скорость пассажирских и грузовых поездов.

Исследовав транспортные потоки, предлагается вариант мультимодальной перевозки – наиболее современной транспортной технологии, обеспечивающей высокое качество и эффективность перевозок за счет максимального использования в процессе перевозки преимуществ каждого вида транспорта, участвующего в транспортировке грузов [3].

С учетом сложившихся массовых перевозок зерна на экспорт для оценки эффективности перевозки на рис. 3 представлены две схемы транспортировки из зернопроизводящего региона до портового терминала.



Рис. 3. Существующая (А) и предлагаемая (Б) схемы перевозок экспортного зерна

С целью снижения стоимости доставки зерна с ЗСР в морской порт г. Новороссийска, предлагается перевозка зерна в биг-бегах автотранспортом непосредственно от производителей зерна на транзитные элеваторы Челябинской области, где зерно будет подрабатываться и загружаться в контейнеры с последующей отправкой железнодорожным транспортом в морской порт г. Новороссийска.

В табл.1 приведены технико-экономические показатели транспортировки партии зерна (3600 тонн) из Западно-Сибирского региона в порт г. Новороссийска.

Таблица 1

Технико-экономические показатели транспортировки зерна

Способы доставки грузов	Стоимость доставки партии груза, тыс. руб.	Время доставки (дней)	Средняя скорость доставки, км/сутки	Общие затраты на доставку 1 тонны зерна, руб.	Стоимость зерна на мировом рынке	Транспортная составляющая в стоимости зерна, %
А. Железнодорожный транспорт (Вагоны-хопперы)	10396	18	330	2888	5800	50
Б. Мультимодальная доставка Авто. транспорт +ж/д (контейнеры)	7663	10	750	2129	6400	33

Сравнение различных вариантов доставки показало преимущество доставки зерна транзитом через линейные элеваторы Челябинской области.

Таким образом, мультимодальный способ доставки с использованием двух видов транспорта при перевозке зерна из ЗСР в морской порт г. Новороссийска позволяет снизить сроки доставки в 1,5 раза и сократить транспортные затраты на 17%.

Список литературы

1. Шепелёв С.Д. Согласование параметров технических средств в уборочных процессах: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. – Челябинск: Челябинская государственная агроинженерная академия, 2010.
2. Рынок зерна. URL: [http://www.rusagrotrans.ru/upload/iblock/849/transrussia % 2020 10m1s.pdf](http://www.rusagrotrans.ru/upload/iblock/849/transrussia%202010m1s.pdf)
3. Вельможин А.В., Гудков В.А., Миротин Л.Б. и др. Грузовые автомобильные перевозки: Учебник для вузов. – 2-е изд. стереотип. – М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 500 с.

БУДУЩЕЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РОССИИ

THE FUTURE OF RUSSIAN RAILWAYS

Ключевые слова: железные дороги, железнодорожный транспорт, грузоперевозки, пассажирские перевозки, модернизация железнодорожных перевозок.

Keywords: Railways, railway transport, cargo transport, passenger transport, the modernization of railway transportation.

Аннотация

Рассматривается состояние и перспективы развития железнодорожного транспорта в России. Представлены пути модернизации железнодорожной инфраструктуры.

Annotation

The article deals with the state and prospects of Russian railway transport development. It presents the ways of modernization of the railway infrastructure.

Шмидт Артём Олегович

*Пермский институт железнодорожного транспорта,
студент, Artiom.shmidt@yandex.ru*

На сегодняшний момент транспорт – важная отрасль мировой экономики. В условиях процессов глобализации, интеграции транспортная инфраструктура является ключевым звеном, которое позволяет перевозить гигантские объёмы грузов и обслуживать миллионы пассажиров по всей планете.

Уже почти 200 лет прошло с тех пор, когда появилась первая железная дорога общего пользования. Постепенно рельсовая колея опутала весь мир. Можно с уверенностью сказать, что возникновение железной дороги в значительной степени повлияло на бурное развитие промышленности в XX веке, что в свою очередь способствовало общемировому прогрессу. Железная дорога не только перевозила и перевозит грузы, но и сделала возможным быстрое перемещение людей по региону, стране, континенту. Отныне можно было не томиться по несколько дней в тесных и пыльных поездах, а всего за несколько часов на поезде быстро добраться до пункта назначения.

Во второй половине XX века, казалось бы, железнодорожный транспорт исчерпал все возможности дальнейшего развития, особенно в сегменте пассажирских перевозок. Всё стремительнее стала развиваться автомобильная индустрия, всё больше людей могли себе позволить «железного коня»; переживал бурное развитие и авиацион-

ный транспорт. Но почему железнодорожный транспорт до сих пор не теряет своей актуальности? По железной дороге можно осуществлять массовые перевозки больших объёмов грузов различного вида на большие расстояния при меньших материальных затратах в сравнении с другими видами транспорта. Однако для пассажиров главными критериями становятся быстрота и комфорт поездки. Поэтому начинается эра высокоскоростного движения.

В России и в других странах, где ещё нет своей системы высокоскоростного движения, создаются планы по строительству высокоскоростных магистралей. В нашей стране всё внимание в основном приковано именно к нему. Неужели Россия ограничится лишь развитием сверхбыстрых железнодорожных линий? Закончится ли на этом модернизация российских железных дорог? Что необходимо России для обеспечения совершенствования транспортной системы государства? Какие инновации необходимо внедрять на стальной магистрали, чтобы через несколько лет её с уверенностью могли назвать «железной дорогой будущего»? Все эти важные, сложные, детальные вопросы будут максимально широко раскрыты в данной работе.

Развивая отечественный железнодорожный транспорт, Россия часто перенимает наработки и технологии других стран (взять, к примеру, «Сапсаны», «Ласточки»). Но машиностроение в области железнодорожного транспорта может позволить России полностью избавиться от такого рода заимствований. Как это сделать? Поддержка академии наук, научных конструкторских бюро со стороны государства и ОАО «РЖД» позволила бы только отчасти решить эту проблему. Необходимы значительные инвестиции в научные разработки крупных игроков российской промышленности. Уже сегодня нужно осознавать, что железная дорога зависит от развития промышленности, равно как и промышленность зависит от развития железной дороги. Развитый транспорт в условиях глобальной рыночной экономики является одним из главных критериев успешной конкуренции.

В настоящее время проводится реформа железнодорожной отрасли в целом. Но железнодорожная инфраструктура ни в коем случае не должна попасть в частные руки. Для её успешного развития необходим единый центр управления, единая стратегия, подчинённая общим государственным задачам. Поэтому в ближайшем будущем железнодорожный транспорт должен быть частью государства. «РЖД» должны стать либо Федеральным государственным унитарным предприятием, либо оставаться ОАО со 100% участием государства.

С появлением на рынке перевозок частных операторов, с началом приватизации парка грузовых вагонов связана некоторая неразбериха, которая возникла на всей сети железных дорог, поэтому руководители предприятий в сфере же-

лезнодорожного транспорта начали обсуждать проект так называемых «правил железнодорожного движения». Возникновение множества перевозчиков привело к тому, что старая налаженная система грузоотправитель – железная дорога – грузополучатель изменилась, стала непрозрачной и усложнённой. Это в свою очередь привело к росту документооборота, к разрастанию управленческого аппарата, а значит, и к новым немалым расходам, что отражается на стоимости транспортных услуг для крупных промышленных предприятий и фирм. Снижается оборот вагонов, увеличиваются их простои на станциях, что приводит к увеличению эксплуатационных расходов. В будущем мы можем обратиться к принципу территориального управления грузовыми перевозками, это означает создание грузовых компаний с привязкой к конкретным территориям. Эти компании могут быть государственными (что наиболее желательно) либо частными (в этом случае они должны в полной мере контролироваться государством). Они будут учитывать социально-экономическую специфику территорий, особенности железнодорожной инфраструктуры, будут иметь непосредственные и устойчивые связи с промышленными предприятиями региона. Такие компании будут владеть собственным парком вагонов, и поскольку они обслуживают только один регион, то компании будут стремиться к быстрому возврату вагонов на станции приписки. Таким образом некоторые проблемы, возникшие в наше время, могут быть успешно решены.

Реформа в области пригородных перевозок поставила их на грань полного исчезновения в отдельных регионах, а в других – серьёзно сократила их объёмы. Да, действительно, необходимо бороться с убыточностью пригородных перевозок (ещё раз об этом будет сказано чуть позднее). Но как это могут сделать совсем небольшие пригородные компании, которые не могут даже самостоятельно приобрести подвижной состав, которые полностью зависят от дотаций регионов? А многие регионы сейчас имеют дефицитные бюджеты и им просто не до железнодорожных пригородных перевозок, которые являются социально значимыми. Конкуренция среди пригородных компаний на сегодняшний момент и на ближайшую перспективу в России невозможна. Почему? Во-первых, железнодорожная инфраструктура не отвечает этим требованиям. В будущем необходимо, чтобы (где это возможно) пригородные перевозки (и в целом пассажирские) не зависели от движения грузовых поездов. Для этого можно прибегнуть к строительству отдельных путей для движения пригородных поездов как на станциях, так и на перегонах; можно строить обходные, объездные железные дороги вокруг тех городов, где имеется возможность организовать более интенсивное движение пригородных и пассажирских поездов. Во-вторых, среднее расстояние между городами в России от 100 до 200 км, против

15-20 км в странах Западной Европы. За исключением столичных регионов в нашей стране пригородное движение устроено так, что пригородный поезд следует как раз 150-200 км, то есть он уже априори непригородный. И такие перевозки не характеризуются равномерностью пассажиропотока. Бывает и так, что в середине пути следования состав практически пуст. А какой компании захочется платить за проезд по железнодорожной инфраструктуре пустых составов? Естественно, вопрос риторический.

Какими можно увидеть пригородные перевозки в будущем? В крупных городах это специальные выделенные железнодорожные пути; все станции и площадки имеют высокие платформы, приспособленные для людей с ограниченными возможностями; на крупных узлах имеется вся инфраструктура, позволяющая пассажирам быстро пересесть на другой вид транспорта; на крупных станциях размещаются предприятия сферы услуг; перевозки обслуживает скоростной подвижной состав из небольшого числа вагонов. Для обеспечения высоких скоростей на пригородных участках пригородному подвижному составу необходима система быстрого и плавного разгона и торможения. Также в пригородном движении (в пределах города и на расстояниях 100-200 км) целесообразно будет использовать аккумуляторное питание поездов. Создание энергоёмких аккумуляторов, строительство электрозаправок на крупных станциях и упразднение контактной подвески приведёт в будущем к значительной экономии на эксплуатационных расходах.

Железнодорожный транспорт будущего может и должен участвовать в пригородных перевозках с низким, но стабильным пассажиропотоком. Для обеспечения их безубыточности необходим подвижной состав малой вместимости (раза в 2 меньше вагона рельсового автобуса РА-1), который будет работать на аккумуляторах, обслуживаться одним машинистом без поездной бригады и следовать со скоростями до 140 км/ч. Использование таких поездов позволит вытеснить с рынка пригородных перевозок главных конкурентов – автомобильный транспорт, а это значит не только развитие железнодорожной сети, но и значительный вклад в благополучную экологическую обстановку.

А как быть с теми перевозками, которые называются пригородными, но по сути такими не являются, например от столицы субъекта РФ до крупного райцентра расстоянием свыше 100 км. Такие перевозки будут осуществляться экспрессами, следующими с тремя-четырьмя остановками в крупных населённых пунктах со скоростями 200-250 км/ч, а в регионах со сложным профилем железнодорожного пути (например, Пермский регион Свердловской железной дороги) – до 160 км/ч. Благодаря этому уменьшится время передвижения, и оно будет составлять всего 0,5-2 часа, а это в свою очередь привлечёт дополнительных пассажиров, которые пользуются услугами авто-

мобильного транспорта. Вместе с этим развитие таких перевозок приведёт к выигрышу в конкуренции между железной дорогой и малой частной авиацией. Увеличенный пассажиропоток позволит поддерживать относительно дешёвизну региональных железнодорожных перевозок и в дальнейшем развивать отрасль.

Большое беспокойство в наше время вызывает будущее пассажирских перевозок дальнего следования. Пассажиры могут следовать не только между станциями оборота, но и между остановками, поэтому стоимость проезда несколько выше, чем она могла бы быть, ведь у перевозчика есть определённые риски. Приведём пример. Поезд следует из Москвы до Владивостока, место в купейном вагоне занимает пассажир, следующий лишь до Перми. Соответственно, данное место может остаться свободным до самого Владивостока. А что делать, если таких мест несколько десятков? В осуществлении дальних перевозок в России неоспоримое преимущество имеет авиатранспорт, так как авиарейсы осуществляются прямым сообщением без промежуточных остановок. Каким образом можно организовать дальние пассажирские железнодорожные перевозки, чтобы сделать их максимально конкурентоспособными и выгодными? Необходимо взять на вооружение главное преимущество авиатранспорта – прямое сообщение. Но поскольку пассажирские железнодорожные перевозки являются социально значимыми, то остановки на некоторых крупных станциях всё же нужны. Для минимизации таких остановок в будущем целесообразно ограничить маршруты следования пассажирских поездов от 500 до 1000 км. Таким образом, для того чтобы добраться до пункта назначения, если расстояние поездки, например, 3000 км, надо совершить 3–4 пересадки. Могут возникнуть вопросы по поводу удобства пассажиров, поскольку пересадки – не очень приятная процедура. Но следует понимать, что вряд ли найдётся другая альтернатива. От Москвы до Владивостока авиатранспортом можно добраться за 7 часов, а на поезде – за 7 суток, при этом стоимость проезда в купейном вагоне постепенно приближается к стоимости перелёта в экономклассе. Даже если построить скоростную магистраль, то поезд всё равно будет следовать в разы дольше, чем самолёт. Именно поэтому такие сверхдальние перевозки бесперспективны. Однако на социально значимых направлениях дальние пассажирские перевозки можно осуществлять с помощью традиционных вагонов и локомотивов, если их продолжительность будет составлять более 20 часов (на расстояния свыше 6000 км для скоростей движения от 250 км/ч).

При реализации данной стратегии развития возникнет большое количество препятствий и финансовых проблем. Например, проблемы с железнодорожными переездами, потребуются большие материальные затраты на то, чтобы вместо них построить путепроводы. Необходима ко-

ррнная модернизация инфраструктуры всех железнодорожных вокзалов, на которых будут останавливаться скоростные поезда дальнего следования. Для обеспечения удобства пересадки пассажиров целесообразно вокзалы сделать двухуровневыми. Обратимся к международному опыту. В Германии, а в частности в Берлине, вокзал состоит из двух «этажей»: на нижнем располагаются предприятия сферы услуг, которые разделены между собой широкими проходами для пассажиров; на верхнем – платформы и железнодорожные пути. Для связи уровней между собой используются эскалаторы, а для маломобильных групп населения имеется лифт. При введении в эксплуатацию данных вокзальных комплексов у пассажиров не возникнет особых затруднений в процессе пересадки, однако важно, чтобы время ожидания следующего поезда не превышало 20–30 минут. Графики движения поездов необходимо спланировать так, чтобы чётко разграничить размеры и временные промежутки движения пригородных, пассажирских дальних и грузовых поездов. Движение одних поездов не может в будущем сильно влиять на движение других. Здесь открывается огромное поле деятельности для специалистов в области эксплуатации железных дорог.

Специалистам в области движения придётся не только составлять оптимальные, удобные, экономически выгодные графики движения поездов, но и решать задачу обеспечения пассажиров проездными документами. Совершенно понятно, что пассажир ни в коем случае не будет покупать несколько билетов при путешествии на дальние расстояния. Проездной документ должен быть единым на весь маршрут следования, не исключая возможности продолжения (или начала) поездки с использованием другого вида транспорта. Проездной документ будет оформляться на электронный паспорт гражданина или на мобильный телефон, но всё равно должна сохраняться система продажи тривиальных билетов, в случае каких-либо сбоев в электронике.

Часто возникают вопросы по поводу того, смогут ли автоматические системы заменить человека, управляющего поездом или управляющего движением поездов. В ближайшие 50 лет, вероятно, такого не случится. Перевод движения на скоростное и высокоскоростное ставит ребром вопрос о безопасности. В условиях реального движения могут возникать разные непредвиденные ситуации, которые требуют мгновенных решений, не всегда являются стандартными и их невозможно запрограммировать.

В современных условиях для того, чтобы эффективно заполнять свободные места пассажирских вагонов дальнего следования, можно в ближайшем будущем прибегнуть к специальной тарифной политике. Допустим, после продажи билетов в поезде на каком-либо участке (в пределах субъекта РФ, между крупными населёнными пунктами) осталось n свободных мест, которые

никаким способом не могут быть заняты. Те пассажиры, которые могли бы воспользоваться на данном участке скорым поездом, им не пользуются из-за того, что стоимость проезда в 5-10 раз дороже, чем на пригородных поездах. Поэтому для того, чтобы поезд был практически полностью занят пассажирами, можно снизить стоимость проезда между станциями до уровня стоимости проезда на пригородном поезде, если поездка происходит в дневное время. Для большей наглядности стоит привести пример. Поезд №602Е Пермь-Екатеринбург, который следует через горнозаводское направление, находится в пути 12,5 часов (против 5,5 через Транссиб). И большая часть пассажиров заполняет поезд на станции Чусовская. Между ст. Пермь-2 и ст. Чусовская поезд следует полупустой, что крайне не выгодно для ФПК. Между тем вечером многим пассажирам гораздо удобнее бы было добираться от г. Перми до г. Чусового данным поездом, так как он быстрее, чем пригородный, и приезжает в Чусовой не так поздно. Но цена билета в плацкартный вагон составляет 600 рублей против 161 в пригородном. За счёт снижения стоимости проезда перевозчик может получить дополнительную прибыль. Этот пример показывает, как может выиграть (или хотя бы уменьшить убытки) перевозчик ОАО «ФПК». Для осуществления более гибкой тарифной политики уже назрела необходимость в разработке и принятии государством соответствующих правовых актов, это касается общих и плацкартных вагонов.

Дальнейшее развитие и модернизация пассажирского движения ставит вопрос о конструкции железнодорожного полотна. Всё большую популярность набирают поезда на магнитной подушке, когда подвижной состав не взаимодействует с элементами пути, а за счёт электромагнетизма «летит» над железнодорожной трассой. Лидером в развитии такого способа передвижения поездов является Япония. Может ли Россия в будущем последовать за Японией и развивать движение поездов на магнитной подушке? Во-первых, термин «железная дорога» изначально предполагает наличие металлических рельсов, по которым на колёсных парах перемещается подвижной состав. И если наша страна последует за Японией, то железная дорога в нынешнем понимании перестанет существовать. Во-вторых, железнодорожная сеть России настолько огромна, что перестроить все линии практически нереальная задача (из-за объёмов строительства и из-за стоимости). К тому же мы должны учитывать и тот факт, что в России по одним и тем же путям следуют не только пассажирские поезда, но и грузовые, а грузовых поездов на магнитной подвеске пока ещё не существует. Но в настоящее время в России есть работы по этому вопросу, и в скором будущем предполагается движение контейнерных магнитолевитационных платформ. Строительство и эксплуатация линий для движения контейнерных

платформ на ближайшую перспективу возможны лишь на направлениях с очень высокой грузонапряжённостью (например, между крупными морскими портами или между морскими портами и крупными промышленными центрами и т.п.). Государство не сможет начать строительство таких линий без значительных инвестиций со стороны крупного бизнеса. Очевидно, что российские промышленники должны воспользоваться перспективой, которую предоставляет российская наука, чтобы в будущем иметь возможность обладать конкурентным преимуществом в доставке своей продукции до конечного потребителя. Магнитолевитационные грузовые поезда могут применяться взамен традиционных на линиях Архангельск – Новый Уренгой – Якутск – Магадан с ответвлением в Китай и Мурманск – Москва – Астрахань с продолжением в Иран. Для чего это нужно? Россия занимает большую часть Евразии, имеет выгодное географическое, геополитическое, транзитное положение. Наша страна на сегодняшний момент из-за серьёзной загрузки основных транспортных железнодорожных артерий исчерпала возможности пропуска транзитных грузопотоков из Европы в Азию, а также с Севера на Юг. Россия стала важным мировым политическим центром, мнение которого значительно влияет на глобальные политические процессы. Развитие транспорта, а в особенности железнодорожного, может прибавить нашей стране дополнительный «геополитический вес». Железная дорога Архангельск – Новый Уренгой – Якутск – Магадан, если пустить по ней магнитолевитационные контейнерные платформы, может составить конкуренцию Северному морскому пути. Выигрыш будет как в скорости доставки, так и по объёмам перевозимых грузов. Экономический эффект от эксплуатации такого аналога морскому пути очевидный. Но задача РЖД состоит ещё и в том, чтобы привлечь международные корпорации на данную магистраль, тогда она сможет приносить немалую прибыль.

Магистраль Север – Юг позволит соединить северные морские порты России и Норвегии со странами Ближнего Востока. Благодаря такой дороге государства, находящиеся в данном регионе, получат возможность быстро доставлять свою продукцию до европейского потребителя. То, что магистраль большей частью будет проходить по территории России, позволит умерить военные амбиции США на Ближнем Востоке. Повторюсь, что данный оптимистичный план развития требует огромных вложений и затрат, будет очень трудоёмким.

Из-за наличия факторов, которые препятствуют массовому строительству магнитолевитационных линий, в ближайшие 50 лет основная конструкция железнодорожного пути и взаимодействие рельсовой колеи с подвижным составом останутся такими, какими мы их привыкли видеть. Но это отнюдь не означает, что никаких перемен в путевом хозяйстве не произойдёт. Несомненно, к со-

держанию и строительству железнодорожных путей будут предъявлены новые требования. Нормативы отклонения положения и уровня головок рельсов станут более жёсткими и устремятся к минимуму. Путь должен быть ровный как в поперечном, так и в продольном профиле, рельсовая колея не может включать в себя резких изменений по шаблону и по уровню. Для строительства высокоскоростных пассажирских линий особого значения может быть произведён отказ от укладки нижнего строения пути (в современном понимании). Это означает, что создаётся укреплённая площадка, на которой строится эстакада, и уже на ней укладывается железнодорожный путь. Это позволит ликвидировать железнодорожные переезды, возможность перехода через пути пешеходов и животных, освободить существующие пути для движения грузовых поездов.

Для того чтобы более эффективно обслуживать путевое хозяйство, в ближайшем будущем можно применять роботизированную технику (например, робот, закручивающий гайки на промежуточных скреплениях, робот-рельсосмазыватель и другие). Это позволит свести к минимуму тяжёлый физический труд рабочих-путейцев, а также в ряде случаев не выводить на перегон громоздкие путевые машины. Для облегчения труда работников железнодорожного транспорта можно будет применять роботов-проводников; роботов, расцепляющих вагоны; роботов, информирующих пассажиров на вокзалах. Роботы на железных дорогах России практически не применяются, хотя в университетах путей сообщения существует множество разработок роботизированной техники, но внедрение такой техники на железнодорожной сети затруднено. Затруднено не только потому, что на это не хватает средств у компаний в сфере железнодорожного транспорта, но и потому, что материальная учебная база отраслевых вузов не соответствует требованиям сегодняшнего дня. В каждом железнодорожном вузе уже сейчас должен быть свой суперкомпьютерный комплекс, каждый такой вуз должен иметь высокотехнологичные лаборатории по строительству и разработке роботизированных механизмов. Заинтересованных студентов, которые хотели бы заниматься проектированием и сооружением роботов не так мало, поэтому для обеспечения прогрессивного развития российские железные дороги должны помогать совершенствовать научно-конструкторскую деятельность отраслевых университетов. Будущее железной дороги зависит и от того, какие специалисты придут работать на стальные магистрали в среднесрочной перспективе.

Ещё одно направление развития железнодорожной инфраструктуры, о котором хотелось бы упомянуть в данной работе, – это создание собственной энергетической системы. Железнодорожный транспорт будущего должен быть полностью обеспечен дешёвой электроэнергией. Выше говорилось о ликвидации контактной подвески и

замене вида электропитания подвижного состава на аккумуляторное питание, а также о строительстве электрозаправок. Железная дорога будущего может использовать энергию, произведённую собственными источниками, уменьшая таким образом зависимость от поставщиков электроэнергии и улучшая экологическую обстановку.

Данную модель развития уже использует немецкая компания Deutsche-Bahn. В отличие от Германии, Россия располагает достаточно большими просторами, однако не может грамотно ими распорядиться. Вдоль железнодорожных путей (на полосах отвода) в южных регионах нашей страны, на полигонах Северо-Кавказской и Приволжской железных дорог, можно сооружать солнечные батареи. На северных территориях Октябрьской, Северной, Свердловской железных дорог имеются огромные перспективы для строительства ветряных электростанций. Как и при реализации всех крупных проектов, здесь необходимо понимать, что потребуются значительные финансовые вливания и что отдача будет не сразу. Создание собственной энергетической инфраструктуры, которая не требует затрат на дорожное топливо и не загрязняет окружающую среду, – важная составляющая будущей железнодорожной сети России.

В данной работе были рассмотрены разные аспекты развития железной дороги нашего государства на среднесрочную и долгосрочную перспективы; были предложены пути решения современных проблем. Можно с уверенностью сказать, что создание системы высокоскоростного движения в России – это не единственное направление развития железных дорог. К важным составляющим будущего железнодорожного транспорта относятся также изменение структуры управления компанией «РЖД»; наличие прозрачной системы государственного контроля над компаниями-перевозчиками; коренная модернизация управления пассажирскими дальними и пригородными перевозками; совершенствование логистики на железнодорожном транспорте; внедрение революционных разработок в области движения поездов (магнитолевитационные поезда); роботизация технологических процессов на железной дороге; создание компанией «РЖД» собственной энергетической системы.

Многолетний путь, который прошли железные дороги России, демонстрирует нам зависимость развития нашего государства от развития стальных магистралей. Мы должны пользоваться таким преимуществом и впредь, ведь можно с уверенностью сказать «что хорошо для «РЖД», то благо для России» [11].

Список литературы

1. Большая компания большой страны. Годовой отчет 2012 // Открытое акционерное общество «Российские железные дороги»
2. Голубков Е.П. Маркетинговые исследования: теория, методология и практика. – М.: Издательство «Финпресс», 1998. – 416 с.

3. Журавлев А.Б. Транспортные проблемы России и российских городов.

4. Медков А.А. Железнодорожные перевозки пассажиров в пригородном сообщении: проблемы и рыночные перспективы, 10 ноября 2008 г.

5. «Пермьстат» – служба государственной статистики. URL: <http://permstat.gks.ru/>

6. Поликарпов Я.А. Текущее состояние пригородного пассажирского комплекса в Российской Федерации // Экономика железных дорог. – 2011. – № 10.

7. Резер С.М. Транспорт: философия, история, перспективы. – М.: ВИНТИ РАН, 2010. – 388 с., ил.

8. Свердловская железная дорога. URL: http://svzd.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=11&layer_id=4069&refererLayerId=3307&id=5717. URL: http://www.rostransport.com/article/2321/?sphrase_id=4200

9. Транспортная стратегия развития Пермского края на период 2010–2030 годы. – Пермь, 2010. – 184 с.

10. Федеральная служба государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru/>

11. Якунин В.И. Геополитические вызовы России. Современное транспортное измерение. – М., 2007. – 80 с.

УДК 656.13

ЗАВИСИМОСТЬ СЕБЕСТОИМОСТИ РЕМОНТА ОТ ВОЗРАСТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ МЕЖДУГОРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК

DEPENDENCE OF REPAIR COSTS FROM THE AGE OF VEHICLES FOR LONG-DISTANCE HAULAGE

Ключевые слова: автомобильный транспорт, междугородные перевозки, затраты на ремонт, обновление подвижного состава.

Keywords: road transport, long-distance haulage, repair costs, vehicles updating.

Аннотация

Ключевой информацией для оценки эффективности использования подвижного состава различных сроков эксплуатации является зависимость затрат на ремонт от возраста подвижного состава. Проведено исследование зависимости затрат на ремонт от сроков эксплуатации для парка однотипного подвижного состава. Полученные результаты позволяют принимать более обоснованные управленческие решения, касающиеся использования и обновления подвижного состава.

Annotation

Key information to assess the effectiveness of vehicles of different ages is the dependence of the cost of repairs on the age of the vehicles. The dependence of repair costs from vehicle age has been conducted. The obtained results will allow make informed management decisions concerning the use and renewal of vehicles.

Вавилова Евгения Николаевна

Южно-Уральский государственный университет,
аспирант кафедры «Эксплуатация
автомобильного транспорта»,
тел. 8-9193136565; 89193136565@mail.ru

Горяева Ирина Александровна

Южно-Уральский государственный университет,
аспирант кафедры «Эксплуатация
автомобильного транспорта»,
тел. 89080818654; i.goryaeva@mail.ru

В России более 50% грузовых автомобилей старше 10 лет [1]. Ключевой информацией для оценки эффективности использования подвижного состава различных сроков эксплуатации является зависимость затрат на ремонт от возраста подвижного состава. Проведённое исследование данной зависимости позволяет принимать более обоснованные управленческие решения при междугородных перевозках.

При эксплуатации подвижного состава для междугородных перевозок важно иметь достоверную прогнозную информацию о затратах на ремонт. Ранее проведённые исследования [2; 3] показали, что возраст подвижного состава оказывает существенное влияние на различные статьи переменных расходов.

Особенностью функционирования автотранспортных предприятий в России является преобладание организации ремонта собственными силами. Формально затраты на содержание ремонтной зоны, включая зарплату персонала, относятся к постоянным расходам. Однако количество дней в простое и, соответственно, затраты напрямую зависят от коэффициента выпуска автомобилей на линию [4] и годовых пробегов, которые существенным образом зависят от возраста подвижного состава, в отличие от среднесуточных пробегов, влияние возраста на которые не выявлено [5]. Для определения переменных затрат на ремонт необходима информация о простоях в ремонте и пробегах для подвижного состава различных сроков эксплуатации.

Исследование проводилось для однотипного подвижного состава седельных тягачей VOLVO FH-12, пользующихся популярностью у российских перевозчиков. Исследование проводилось по данным 2008 и 2009 годов в ООО «Трактороторг-Авто-1», имеющем 39 седельных тягачей VOLVO FH-12 с полуприцепами-рефрижераторами SCHMITZ. Исследуемые седельные тягачи VOLVO FH-12 были двух модификаций – мощностью 380 и 420 лошадиных сил, которые имеют примерно одинаковые технико-эксплуатационные показатели. Седельные тягачи, введённые в эксплуатацию в 2001–2004 годах, эксплуатировались в идентичных условиях, по дорогам с твёрдым покрытием.

Расчёт удельных затрат на ремонт подвижного состава i -го года эксплуатации (без стоимости запчастей) осуществлялся по формуле:

$$C_{рем}^i = \frac{\sum A_{dp}^i \cdot T_n \cdot C_{1нч}}{\sum L_{zod}^i},$$

где $\sum A_{dp}^i$ – суммарный простой в ремонте автомобилей i -го года эксплуатации;

T_n – среднее время в наряде на ремонте ($T_n = 6$ часов – в рассматриваемом предприятии часть простоя в ремонте уходит на ожидание запчастей или места под ремонт);

$C_{1нч}$ – средняя себестоимость 1 нормо-часа ремонта большегрузного подвижного состава;

$\sum L_{zod}^i$ – суммарный годовой пробег автомобилей i -го года эксплуатации.

Средняя рыночная стоимость 1 нормо-часа ремонта большегрузного подвижного состава определялась на основе рыночных предложений [6]. Средняя себестоимость 1 нормо-часа ремонта большегрузного подвижного состава определялась исходя из средней рыночной стоимости 1 нормо-часа и рентабельности автосервиса, которая по оценке экспертов [7] в среднем составляет 30%. Таким образом, средняя себестоимость 1 нормо-часа ремонта в феврале 2014 года составляла 1006 рублей.

Исходя из полученных результатов и данных предыдущих исследований [2] с учётом инфляции, были рассчитаны удельные затраты на ремонт для подвижного состава 4-8 лет в эксплуатации, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1
Удельные затраты на ремонт подвижного состава

Кол-во автомобилей	Суммарные простои в ремонте, дней	Суммарные пробеги, км	Удельные затраты на з/ч [2], руб./км	Удельные затраты на зону, руб./км	Удельные затраты на ремонт, руб./км
3	121	418000	1,39	1,75	3,14
15	761	2060386	1,58	2,23	3,81
21	1313	2551551	1,83	3,11	4,94
24	1306	3030729	1,93	2,61	4,54
14	892	1658874	2,16	3,25	5,41

Увеличение затрат на запчасти и снижение выпуска на линию на 6-й год эксплуатации отмечались ранее [2; 4], естественно, что заметный рост суммарных удельных затрат на ремонт происходит в 6-й год эксплуатации. Логичным является предположение, что к 6-му году исчерпывается ресурс нового автомобиля и необходимы существенные вложения в ремонт. Косвенно это подтверждается тем, что крупные компании, эксплуатирующие подвижной состав «с нуля» и имеющие статистику, предпочитают обновлять подвижной состав после 5 лет эксплуатации [8]. Естественно, на 7-й год эксплуатации показатели несколько улучшаются.

Для наглядности удельные затраты на запасные части (нижний график), удельные затраты на содержание ремонтной зоны (средний график) и суммарные удельные затраты на ремонт представлены на рис. 1.

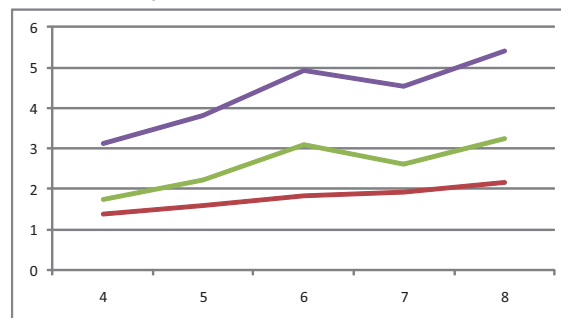


Рис. 1. Влияние возраста подвижного состава на себестоимость ремонта подвижного состава (руб./км)

Полученные результаты позволяют принимать более обоснованные управленческие решения, касающиеся использования и обновления подвижного состава. В частности, при принятии решения о загрузке порожних пробегов.

Список литературы

1. Основные показатели транспортной деятельности в России – 2010: Статистический сборник. – М.: Росстат, 2010. – С. 51.
2. Горяева Е.Н., Горяева И.А. Зависимость затрат на запасные части от возраста подвижного состава автомобильного транспорта // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2012. – № 44 (303). – С. 185–186.
3. Горяев Н.К. Влияние возраста подвижного состава на себестоимость междугородных грузовых автомобильных перевозок // Инновации и исследования в транспортном комплексе: Материалы первой международной научно-практической конференции. – Курган: КИЖТ, 2013. – С. 323–326.
4. Горяев Н.К., Ларин О.Н. Потенциал выпуска на линию подвижного состава различных сроков эксплуатации. Транспорт: наука, техника, управление. – 2012. – №5. – С. 52–54.
5. Горяев Н.К., Горяева И.А. Влияние возраста подвижного состава на среднесуточные пробеги при междугородных автоперевозках // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». – 2014. – Т. 8. – №1. – С. 153–155.
6. Стоимость нормо-часа. URL: www.avtonex.ru/norm.htm
7. Развитие автосервиса – рентабельность автосервиса. URL: www.gruzovik.ru/ru/info_article/russia_truck/autoservice_harakteristika/default.aspx
8. Тягачи. URL: <http://www.lorry.com/about/autopark/11tjagachi>

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ НА РАЗВИТИЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ

THE IMPACT OF TECHNOLOGICAL INNOVATION ON THE DEVELOPMENT OF CIVILIZATION

Ключевые слова: техника, инновации, цивилизация, философия техники, история философской мысли, машина.

Keywords: technology, innovation, civilization, engineering philosophy, history of philosophical thought, the machine.

Аннотация

Статья посвящена философскому осмыслению развития технического прогресса в различные исторические периоды, начиная с первых интуитивных научных открытий до современных инновационных решений. В статье доказывается, что техника должна служить фундаментом для использования современных научных инновационных технологий в непрерывно развивающемся современном обществе.

Annotation

The article is devoted to the philosophical understanding of technological innovation in different historical periods, from the first intuitive discovery to modern, innovative solutions. In the article it is proved that technology should serve the basis for using modern scientific innovative technologies in continuously developing modern society.

Стародумов Игорь Васильевич

Курганский институт железнодорожного транспорта,

канд. филол. наук, старший преподаватель

Каждый исторический период оставил миру нечто, свойственное только ему, внес то, без чего невозможен и современный мир. Так, античность дала начало всему, что в той или иной мере присутствует в каждом проявлении культуры нашего времени и особенно остро переосмыслялось в эпоху Возрождения и в XVII веке. Если Ренессанс открыл для себя через античность величие и ничтожество человека, сделал попытку отойти от всепроникающего влияния религии, создал непревзойденный идеал человека, то именно с него начинается период, носящий название Нового времени.

Каждая историческая эпоха – это столкновение изжившего себя прошлого и неизвестного будущего. Эпоха Возрождения стала той вехой, когда все, что было не изучено в период средневековья, встретилось с новым взглядом на мир. Вся прежняя наука была лишь условной. В ней можно

найти только смелые догадки, интуитивные построения, не лишенные оснований, но наука прежнего времени не имела главного – эксперимента, смелого технического опыта.

Технические науки включены в область философского внимания по сравнению с другими отраслями науки совсем недавно. Когда шла речь о науке, то обычно понимались естественные науки: физика, химия, биология и другие. Что касается технических наук, то они редко удосуживались методологического или социально-философского исследования. Практическими предпосылками формирования технических наук явилось появление крупного машинного производства, которое требовало для своего развития и функционирования сознательного применения научных знаний и практических опытов.

История показывает, что процесс формирования естественных наук начался с развития на рубеже XVIII-XIX веков технических наук механического цикла – теории машин и механизмов, деталей машин, баллистики, теплотехники и других. Машина стала пониматься как реализация естественного процесса природы. Паровые машины сводились к системе физических величин, которые мог использовать инженер в своей технологической деятельности, что дало толчок развитию крупного машинного производства. Таким образом, возникла технология как научно-техническая дисциплина и ряд отраслевых технологических дисциплин.

Технические науки имеют собственный предмет и методологию. В конце XVIII – начале XIX в. проходил процесс кардинальных изменений в материально-технической базе капиталистического производства, который с полным основанием называют технической революцией. В результате этого революционного преобразования произошло становление машинно-фабричного производства.

«Машинный труд как революционизирующий элемент непосредственно вызывается к жизни превышением потребности над возможностью удовлетворить ее прежними средствами производства», – сформулировал положение становления машинной техники К. Маркс. Развитие средств труда в системе машин явилось не случайным для капитала. Возникнув в недрах феодализма, техническую базу которого составляли ручные орудия труда, капитализм как высшая ступень товарного производства, когда товаром становится и рабочая сила, формировал собственную материальную основу и создал ее в форме машины. В условиях данного производства превращение человека в живой придаток машины в полной мере соответствует тому общественному способу производства, при котором рабочий является лишь средством извлечения прибыли.

Развитие машиностроения в XIX в. стимулировало прогресс в горнодобывающей промышленности, металлургии, строительстве дорог и кана-

лов, сооружения пароходов и паровозов. В результате промышленной революции вместо небольших мастерских появилась современная промышленность с ее огромными фабриками, заводами и комбинатами, в которых сотни рабочих управляют сложными машинами, приводимыми в движение паром; дилижансы и повозки на больших дорогах были вытеснены железнодорожными поездами. К концу XIX века машинно-фабричное производство стало господствующим. Англия, Франция, США, Германия и Россия превратились в крупные капиталистические державы. Капитализм победил также и в Италии, Голландии, Швеции, Японии и ряде других стран, началось развитие капитализма в колониальных и зависимых странах.

Бурный XX век стал тысячелетием победившей научно-технической революции. Данный прогресс ускорился во всех развитых странах мира. Постоянно развивающиеся технологии меняли способы производства. К середине XX века фабричный способ производства стал доминирующим. Во второй половине XX столетия большое распространение получила автоматизация, а уже к концу XX века развились высокие технологии, продолжился переход к информационной экономике. Все это произошло благодаря развитию науки и техники. Такие достижения как освоение космоса, создание атомной энергетики, первые успехи в области робототехники породили веру в неизбежность научно-технического и общественного прогресса, вызвали надежду скорого решения и таких проблем как голод, болезни и т.д.

Развитие информационной техники в XX-XXI веках привело человечество к целому ряду проблем. Искусственный интеллект и его совершенствование превращают границы сложности, доступные человеку, в систематически разрешаемые. Это важно в современную эпоху, когда цивилизация не может успешно развиваться без рационального управления сложными и сверхсложными системами. Разработка проблем искусственного интеллекта является существенным вкладом в осознание человеком закономерностей внешнего и внутреннего мира, в их использование в интересах общества и тем самым в развитие свободы человека. Уже сейчас существуют машины и инновационные программы, способные в процессе работы самообучаться. В будущем, возможно, появятся машины, которые будут обладать настолько устойчивым уровнем адаптации и надежности, что необходимость участия самого человека в процессе их деятельности не потребуется. Это может привести к деградации способностей человека к реакции на изменение внешних условий и, возможно, неспособности принятия управления на себя в случае аварийной, экстремальной ситуации.

Таким образом, техника должна служить фундаментом для использования современных научных инновационных технологий в непрерывно

развивающемся современном обществе. В этом и заключается возможность прямого включения техники в социально-культурный, исторический контекст развития цивилизации в рамках научно-технического прогресса.

Список литературы

1. Новая технократическая волна на Западе. – М., 1986.
2. Тауризан Г.М. Техника, культура, человек. – М., 1989.
3. Бердяев Н.А. Человек и машина // Вопросы философии, 1989. – № 2.
4. Дрейфус Х. Чего не могут вычислительные машины. – М.: Прогресс, 1979.

УДК 621.928

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СЕПАРАТОР УМС-2: ОТ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДО КОНСТРУКЦИИ

ELECTROMAGNETIC SEPARATOR OF UMS-2: FROM MATHEMATICAL MODEL TO THE DESIGN

Ключевые слова: моделирование, магнитное поле, сепаратор, металлические примеси, конструкция.

Keywords: modeling, magnetic field, separator, metal impurity, design.

Аннотация

В статье приведен пример математического моделирования процесса очистки жидких (мокрых) продуктов от металлических примесей в неоднородном магнитном поле рабочей зоны сепаратора УМС-2. Приведена конструкция сепаратора и его технические характеристики.

Annotation

In article the example of mathematical modeling of process of cleaning of liquid (wet) products from metal impurity in a non-uniform magnetic field of a working zone of a separator of UMS-2 is given. The design of a separator and its technical characteristics is given.

Чарыков Виктор Иванович

Курганская государственная
сельскохозяйственная

академия им. Т.С. Мальцева,

д-р техн. наук, профессор,

тел.(835231)4-41-42; Viktor52-chimesh@yandex.ru

Газиев Алишер Хошимович

Курганская государственная

сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева,

канд. техн. наук, доцент; тел.(835231)4-41-42

Яковлев Алексей Иванович

Курганская государственная

сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева,
аспирант

Строительство подстанций, линий электропередач высокого и низкого напряжений для нужд народного хозяйства требует большого количества высококачественных электроизоляционных материалов, обладающих повышенными электрическими и механическими свойствами.

В наибольшей степени этим высоким требованиям соответствует фарфор, считающийся наилучшим электроизоляционным материалом. При применении его с этой целью единственное препятствие – трудность в обогащении составляющих фарфора.

В технологической схеме по производству электротехнического фарфора магнитная сепарация производится дважды: после воздушного сепаратора, а также после процеживания шликера (устойчивая суспензия).

Для очистки шликера применяют магнитные и электромагнитные сепараторы. По сравнению с традиционными методами очистки (кислотным, щелочным, адсорбционным, контактным, ионообменным) магнитный метод более прост. Он не требует реагентов, имеет в 2-5 раз большую скорость очистки [1].

Принцип очистки. Шликер течет тонким слоем h вдоль наклонного желоба сепаратора (рис. 1) длиной ℓ и шириной a . В желобе при помощи концентраторов создается неоднородное магнитное поле. Эффективность сепарации зависит от скорости течения жидкости и магнитного поля желоба. Критерий эффективности выражается в следующем виде:

$$t_1 < t_2, \quad (1)$$

где: t_1 – время притяжения частиц, с;

t_2 – время нахождения частицы в желобе при движении ее вдоль оси ОХ на расстояние ℓ , с.

Для использования критерия (1) необходимо знать закон движения частицы вдоль осей ОХ и ОУ.

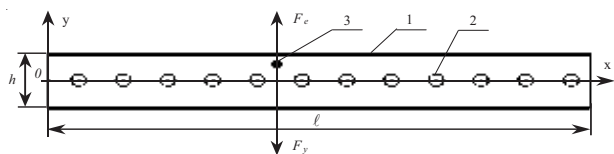


Рис. 1. Принципиальная схема силового взаимодействия в электромагнитном сепараторе: 1 – желоб; 2 – концентратор; 3 – металлическая частица

Движение частицы вдоль оси ОХ. При установившемся режиме через любое поперечное сечение желоба с поперечным сечением $S = ha$ за одну секунду будет протекать одно и то же количество шликера:

$$Q = \rho_{\text{ж}} S V = \rho_{\text{ж}} h a V, \quad (2)$$

где: ρ – плотность масла, кг/м³;

V – скорость течения масла, м/с.

Так как длина желоба равна ℓ , то время на-

хождения частицы в желобе при движении ее вдоль оси ОХ, будет:

$$t_2 = \frac{\ell}{V} = \frac{\rho_{\text{жид}} h a \ell}{Q}. \quad (3)$$

Движение частицы вдоль оси ОУ. При движении частицы вдоль оси ОУ на частицу действуют две силы: магнитная сила, создаваемая магнитным полем в желобе и на концентраторах, и сила сопротивления движению частицы, создаваемая продуктом. Всем реальным жидкостям присуща вязкость или, другими словами, внутреннее трение. Вязкость проявляется в том, что возникшее в жидкости движение после прекращения действия причин, его вызвавших, постепенно прекращается. Опытами установлено, что при малых числах Рейнольдса Re , т.е. при небольших скоростях движения, сопротивление среды можно определить с помощью формулы Стокса:

$$F_c = 6\pi \eta r v, \quad (4)$$

где: r – характерный для поперечного сечения тела размер. Для тела круглой формы, т.е. для шара r – радиус шара, м;

v – скорость движения тела в жидкости, м/с.

При движении частицы вдоль оси ОУ на нее кроме силы сопротивления среды действуют еще сила тяжести частицы и архимедова сила, равная:

$$f' = V_r (\rho_r - \rho_{\text{жид}}) g, \quad (5)$$

где V_r – объем частицы, м³;

ρ_r – плотность частицы, кг/м³;

$\rho_{\text{жид}}$ – плотность масла, кг/м³;

g – ускорение свободного падения тела, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Магнитная сила, действующая на частицу, помещенную в магнитное поле, определяется исходя из знания потенциальной энергии [1]:

$$F_M = -\text{grad } W, \quad (6)$$

где: W – потенциальная энергия, Дж.

Потенциальная энергия магнитного поля, действующая на частицу объемом V определяется по следующей формуле [1]:

$$W = \frac{V_r B^2}{2\mu_0 \mu}, \quad (7)$$

где: V_r – объем частицы, находящейся в магнитном поле, м³;

B – магнитная индукция, Тл;

μ_0 – магнитная постоянная вакуума, Гн/м;

μ – относительная магнитная проницаемость масла, Гн/м.

С учетом формулы (7) магнитная сила, действующая на частицу в магнитном поле, определяется следующим выражением:

$$F_M = -\text{grad } W = -\text{grad } \frac{V_r B^2}{2\mu_0 \mu} = -\frac{V_r}{2\mu_0 \mu} \text{grad } B^2. \quad (8)$$

Значение магнитной силы, действующей в направлении оси ОУ:

$$F_M = -\frac{V_r}{2\mu_0\mu} \frac{dB^2}{dy} = -\frac{V_r B}{\mu_0\mu} \frac{dB}{dy} \quad (9)$$

В окончательном виде дифференциальное уравнение, описывающее движение частицы, имеет вид [2]:

$$\ddot{y} + \frac{6\pi r_r \eta}{m} \dot{y} + \frac{V_r \Delta B (B_{\max} + \Delta B)}{m\mu_0\mu d_n^2} y = \frac{V_r \Delta B B_{\max}}{m\mu_0\mu d_n} + \frac{V_r (\rho_r - \rho_{\text{жид}}) g}{m} \quad (10)$$

Решение уравнения (10) легло в основу создания электромагнитного сепаратора УМС-2.

Установка для мокрой магнитной сепарации УМС-2 предназначена для удаления металлических включений из суспензии, глазури, шликера и других жидких материалов. Общий вид установки УМС-2 представлен на рис. 2.

Электромагнитный сепаратор состоит из электромагнита, включающего нижний 1 и верхний 2 полюсы, сердечник 3, замыкающий магнитопровод 4, катушки намагничивания 5 и полиградиентную среду, содержащую рамку 6 и спирали 7 и 8. Электромагнитный сепаратор смонтирован на станине 9, при этом угол наклона нижнего полюса относительно уровня пола может регулироваться с помощью винтовой пары 10, а высота станины изменяется за счет выдвигания опорных ног 11, фиксируемых в заданном положении стопорными пальцами 12. Для передвижения установки станина снабжена поворотными опорными роликами 13.

Сепарируемая жидкость подается в приемное устройство 14, протекая по наклонному желобу, образованному нижним и верхним полюсным наконечниками, попадает в направляющую трубу 15 и стекает в ванну 16. Для предотвращения попадания ржавчины в сепарируемую жидкость верхние и нижние полюсы имеют антикоррозионное покрытие 17. Крепление установки УМС-2 к ванне 16 осуществляется винтовым прижимом 18, для чего на корпусе ванны необходимо приварить (укрепить) специальный кронштейн 19. Для защиты катушек 5 от механических повреждений и попадания влаги предусмотрен кожух 20.

Работа установки осуществляется следующим образом. На катушки намагничивания подается через выпрямитель постоянное напряжение $U = 198$ В. Между верхним и нижним полюсами возникает мощное неоднородное магнитное поле. Концентраторами магнитного поля в рабочей зоне сепаратора являются детали рамки 6 и пружины 7. При прохождении сепарируемой жидкости по желобу между полюсами магнитной системы ферромагнитные частицы притягиваются к концентраторам магнитной индукции. Очищенная жидкость поступает в ванну 16. По окончании работы или во время технологических перерывов производится очистка установки от налипших магнитных примесей, для чего рамка 6 с пружинами 7 извлекается из межполюсного пространства и промывается. Приемное устройство, межполюсное пространство и направляющая труба промываются на месте работы установки или после пе-

редвижения её в установленное для этого место.

Отличительным признаком УМС-2 является и то, что спирали, расположенные между штангами, выполнены меньшего диаметра, чем спирали, расположенные на штангах.

Выполнение спиралей, расположенных между штангами, меньшего диаметра по сравнению со спиралями, расположенными на штангах, позволяет повысить эффективность сепарации без увеличения мощности и габаритных размеров сепаратора.

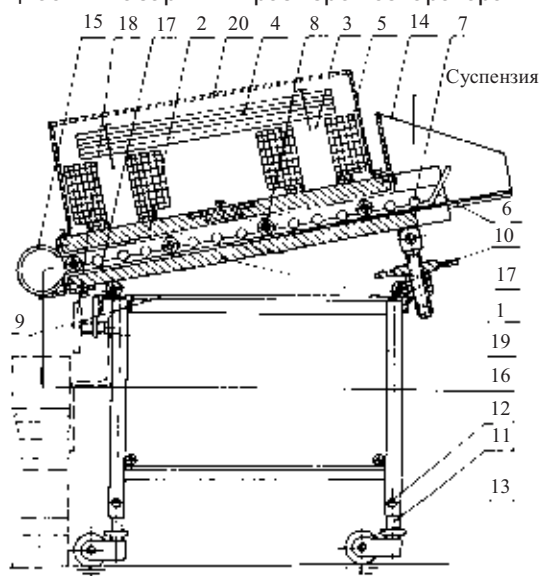


Рис. 2. Электромагнитный сепаратор УМС-2

Технические характеристики

1. Производительность, л/ч	1000
2. Мощность магнитной системы, кВт	0,6
3. Напряжение переменного тока, подаваемое на выпрямительное устройство, В	220
4. Напряжение постоянного тока, подаваемое на катушки намагничивания, В	198
5. Магнитная индукция на концентраторах, мТл	200-300
6. Периодичность очистки, ч	2,0
7. Угол наклона магнитной системы, град.	15-30
8. Габаритные размеры; мм длина	1212
ширина	584
высота	1400
9. Масса, кг	342

Список литературы

1. Сумцов В.Ф. Электромагнитные железотделители. – М.: Машиностроение, 1981. – 212 с.
2. Зуев В.С., Чарыков В.И. Магнитная сепарация жидких материалов сепараторами серии УМС. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Курган: Полиграфист, 2000. – С. 11.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА «КУРГАНСКИЙ ПРИГОРОДНЫЙ ВОКЗАЛ – СТАНЦИЯ ПРЕСНОГОРЬКОВСКАЯ»

THE EFFICIENCY OF RECOVERY TRAINS «KURGAN SUBURBAN STATION - PRESNOGORKOVSKAYA»

Ключевые слова: бизнес-план, железнодорожное движение, ценообразование

Keywords: business plan, the railway traffic, pricing

Аннотация

В данной статье рассчитывается целесообразность восстановления электропоезда по маршруту «Курган – Пресногорьковское». Приводятся расчеты прогноза пассажиропотока, экономической эффективности проекта.

Annotation

This article is calculated expediency of the recovery of the electric train on a route "Kurgan - Presnogorkovskaya". Estimates of the forecast of passenger traffic, the economic efficiency of the project.

Найданова Дарья Александровна

Курганский институт железнодорожного транспорта, студент

Мальцева Анастасия Ивановна

Курганский институт железнодорожного транспорта, студент

Глухова Дарья Ильинична

Курганский институт железнодорожного транспорта, студент

Багрецов Николай Иванович

Курганский институт железнодорожного транспорта, доцент, канд.экон.наук

Восстановление электропоезда по маршруту «Курган – Пресногорьковское» целесообразно по следующим причинам:

1. Автобуса до станции Пресногорьковская нет, на этом маршруте работает пресногорьковский предприниматель на микроавтобусе «Газель» с ценой проезда одного пассажира 400 рублей.

2. Электропоезд будет использовать железнодорожную инфраструктуру, которая в настоящее время проходящими поездами используется не в полной мере (установлено наблюдением студентов КИЖТ).

3. Электропоезд будет сдерживать загрязнение окружающей среды, если заменит хотя бы

часть автомобильного парка.

4. Электропоезд будет перевозить пассажиров в абсолютном большинстве в те населенные пункты, до которых нет автобусного сообщения.

Основной целью запуска электропоезда по данному маршруту является осуществление коммерческой деятельности для извлечения прибыли, однако нельзя забывать об интересах населения, проживающего рядом с электрофицированной железной дорогой. Потребность в электропоезде увеличилась в связи с обоюдовыгодным сотрудничеством приграничных районов России и Казахстана, особенно после создания Таможенного союза и при организации 25.05.2014 Евразийского экономического союза.

Одной из дополнительных ниш для Курганского региона железной дороги может быть организация перевозок пассажиров электропоездом, которым будут пользоваться садоводы, дачники в обоих направлениях предлагаемого маршрута.

Опрос показал, что электропоездом будут пользоваться курганцы, желающие выехать за город, в лес: летом собирать грибы и ягоды, зимой – походить на лыжах и подышать свежим воздухом.

Курганские заводы (ОАО «Курганмашзавод», «Кургансельмаш» и др.) будут решать острую для них проблему кадров за счет безработных жителей сел, расположенных в пригороде Кургана.

Будет лучше использоваться структура курганского железнодорожного узла, которая может приносить дополнительную прибыль.

Большинству автобусных маршрутов электропоезд не является конкурентом, т.к. он большинство своих пассажиров доставляет в места, куда автобусы не ходят. Те автобусы, которые доставляют своих пассажиров в места, куда можно доехать предлагаемым электропоездом, могут быть переведены на другие маршруты.

Электропоезд по сравнению с другими видами транспорта имеет следующие преимущества:

1. Независимость от уличной транспортной ситуации (пробок).

2. Повышенная надежность, регулярность движения и безопасность, так как это внеуличный транспорт.

3. Электропотребление, приходящиеся на 1 пассажирокилометр, в 3-4 раза меньше по сравнению с автотранспортом.

4. Экологичность: выбросы вредных веществ 4-5 раз меньше, чем на автотранспорте.

5. Железные дороги занимают в 2-4 раза меньше земли, чем автотрассы той же пропускной способности.

Реклама, ярко представленная людям, может значительно увеличить прибыль данного проекта за счет притока пассажиров. Рекламный бюджет на год представлен в табл. 1.

Теперь приведем все необходимые расчеты для нашего проекта, которые убедят в целесообразности восстановления данного электропоезда.

Таблица 1
Расчет затрат на рекламу

Наименование рекламной продукции	Цена за единицу в рублях	Кол-во штук	Итого рублей
Объявления в газетах	100	12	1200
Изготовление и расклеивание рекламных листовок	5	500	2500
Реклама по телевидению и в интернете	100	15	1500
Визитки	2	400	800
Итого	6000		

Расчеты по определению стоимости проезда одного пассажира на электропоезде по маршруту Курган – Пресногорьковское приведены в табл. 2.

Таблица 2
Стоимость проезда одного пассажира

Наименование остановок	Кол-во км	Тариф на 1 пассажира/км [1]	Стоимость одного билета, руб.
2364	4	1,90	7,6
Камчиха	6,2	1,90	11,8
2370	9	1,90	17,1
2372	11,5	1,90	21,8
2374	14	1,90	26,6
Утяк	17,2	1,90	32,7
Марково	31,3	1,90	59,5
Дубрава	44	1,90	83,6
Сумки	60	1,90	114
Байдары	69	1,90	131,1
Зауралье	78	1,90	148,2
Зерновая	107	1,90	203,3
Пресногорьковское	120	1,90	228

Совместное постановление правительства Курганской области и ОАО «Свердловская пригородная компания» от 14.02.2013 №5-1, опубликованное в областной газете «Новый мир» 19.02. 2013 [1].

Сравнительная характеристика цен проездных билетов на автобус и электропоезд по проектируемому маршруту отобрана в табл. 3.

Таблица 3
Сравнительная характеристика цен

Станция	Электропоезд	Автобус	Разница (-)
Макарово	53,5	69	15,5
Сумки	104	120	16
Байдары	148,2	190	41,8
Пресногорьковская	228	400	172

Результаты исследования возможного количества пассажиров приведены в табл. 4.

Таблица 4
Прогноз количества пассажиров до остановок электропоезда по маршруту «Курган – Пресногорьковское»

Наименование остановок	Максимальное кол-во пассажиров	Минимальное кол-во пассажиров	Среднее кол-во пассажиров
2364	18	10	14
Камчиха	8	4	6
2370	8	4	7
2372	12	6	9
2374	9	7	8
Утяк	14	6	10
Марково	4	2	3
Дубрава	3	1	2
Сумки	11	7	9
Байдары	2	2	2
Зауралье	20	16	18
Зерновая	5	3	4
Пресногорьковское	43	21	32
Итого			124

Имея стоимость проезда на электропоезде и прогнозируемое количество пассажиров, посчитаем выручку от продажи проездных билетов. Результаты расчетов приведены в табл. 5.

Таблица 5
Расчет суммы выручки от продажи проездных билетов на электропоезд «Курган – Пресногорьковское»

Наименование остановок	Количество пассажиров, купивших билет до данной станции	Цена билета, руб	Сумма выручки, руб
2364	14	7,6	106,4
Камчиха	6	11,9	71,4
2370	7	17,1	119,7
2372	9	21,9	197,1
2374	8	26,6	212,8
Утяк	10	32,8	328,0
Марково	3	59,5	178,5
Дубрава	2	83,6	167,2
Сумки	9	114	1026
Байдары	2	131,1	262,2
Зауралье	18	148,1	2665,8
Зерновая	4	203,3	813,2
Пресногорьковское	32	228	7296
Итого	124	-	13411,0

Обследования показали, что в обратном направлении движение электропоезда количество пассажиров и ценообразование то же самое.

Следовательно, выручка от продажи билетов на данный электропоезд за один рейс туда и обратно составит 26822 рубля, а в течение года (по

одному разу в сутки туда и обратно) от продажи проездных билетов будет выручено 9790 тыс. руб.

Таблица 6
Нормы затрат на проезд одного пассажира на 100 км/руб.

Амортизация электропоезда	80
Зарплата	50
Электроэнергия	30
Содержание пути	18
Поддержание контактной сети	1,65
Диспетчерская служба	6,63
Содержание остановочных пунктов	3,75
Прочие расходы	10

Итого 182. Таким образом, затраты на один пассажиро-километр составляют 1 рубль 82 копейки.

Этот показатель умножим на количество пассажиро-километров, приведенных в табл. 7.

Таблица 7
Расчет пассажиро-километров до остановок на электропоезде «Курган – Пресногорьковское»

Наименование остановок	Кол-во пассажиров	Кол-во км от Кургана	Кол-во пассажиро-километров
2364	14	4,0	56
Камчиха	6	6,2	37
2370	7	9,0	63
2372	9	11,5	103
2374	8	14,0	112
Утяк	10	17,2	172
Марково	3	31,1	94
Дубрава	2	44,0	88
Сумки	9	60,0	540
Байдары	2	69,0	138
Зауралье	18	78,0	1414
Зерновая	4	107,0	428
Пресногорьковское	32	120,0	3840

Таблица 8
Расчет затрат на электропоезд «Курган – Пресногорьковское»

Наименование остановок	Кол-во пассажиро-км	Затраты на 1 пассажира	Сумма затрат, руб.
2364	56	1,82	101,9
Камчиха	37	1,82	67,3
2370	63	1,82	114,7
2372	103	1,82	187,5
2374	112	1,82	203,8
Утяк	172	1,82	313,0
Марково	94	1,82	171,1
Дубрава	88	1,82	160,2
Сумки	540	1,82	982,8
Байдары	138	1,82	251,6
Зауралье	1404	1,82	2553,3
Зерновая	428	1,82	779,0
Пресногорьковское	3840	1,82	6989,0

Итого за одну поездку в одном направлении 12935 руб.

Сумма затрат в обратном направлении не претерпит больших изменений. Следовательно, общие затраты на одну поездку от станции Курган до станции Пресногорьковское туда и обратно составят 25870,4 рублей. За год затраты на проектируемый электропоезд составит 9442,7 тыс. руб.

Таблица 9
Расчет экономической эффективности электропоезда «Курган – Пресногорьковское»

Наименование показателей	Значение показателей, тыс. руб.
Выручка от реализации проездных билетов	9790,0
Затраты на электропоезд	9442,7
Добавленная стоимость	347,3
НДС (18%)	62,5
Валовый доход	284,8
Налог по упрощенной системе (6%)	17,1
Прибыль	267,7
Рентабельность, %	2,8

С таким уровнем рентабельности Свердловская пригородная компания не согласится, поэтому для доведения рентабельности до оптимального уровня (30%) необходима ежегодная дотация из бюджета Правительства Курганской области в размере 2565,1 тыс. руб. В этом случае рентабельность электропоезда станет оптимальной, более 30 %.

Заведующий отделом транспорта и связи Правительства Курганской области Ю.И. Найденев 8 мая 2014 года, ознакомившись с данным бизнес-планом, заявил, что такой объем дотаций возможен и передал бизнес-план специалистам отдела для экспертизы. В случае положительного заключения экспертной комиссии будут подготовлены документы и представлены Губернатору Курганской области и ОАО «Свердловская пригородная компания» для принятия решения о восстановлении электропоезда Курган – Пресногорьковское.

Список литературы

1. Мазурин Э. Сколько стоит электричка? // Экономика и жизнь. – 2011. – № 11.
2. Совместное постановление Правительства Курганской области и «Свердловской пригородной компании» от 14.02.2013 года №5-1 «Об установлении предельного максимума тарифа на перевозки пассажиров железнодорожного транспорта», опубликованное 19.02.2013 (газета «Новый мир»).

ПРОЕКТ ПО ВВЕДЕНИЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО АВТОБУСА НА УЧАСТКЕ КУРГАН-ПРЕСНОГОРЬКОВСКАЯ

THE PROJECT ON INTRODUCTION OF RAIL BUS ON THE SITE OF KURGAN- PRESNOGORKOVSKAYA

Ключевые слова: график движения, станция, пассажиропотоки, организация движения, пассажирские и грузовые поезда.

Keywords: graph of the movement, station, passenger traffic, traffic management, passenger and freight trains.

Аннотация

В данной статье проведен анализ движения поездов в направлении Казахстана. Выполнена оценка целесообразности, технической возможности и экономической эффективности возобновления маршрута.

Разработан график движения железнодорожного автобуса на участке Курган-Пресногорьковская с учетом нормативов станционных и межпоездных интервалов, массы пассажирских и грузовых поездов, допустимой скорости движения и т.д.

Annotation

In this article the analysis of movement of trains to Kazakhstan. The assessment of viability, technical feasibility and economic efficiency of the resumption of the route.

Timetable of the movement of rail bus on the site of Kurgan-Presnogorkovskaya, taking into account norms of the station and intervals between consecutive trains, mass passenger and freight trains, permissible speeds etc.

Шаршин Александр Вадимович

*Курганский институт железнодорожного
транспорта,
студент*

Капанова Ксения Ивановна

*Курганский институт железнодорожного
транспорта,
студент,*

Кокарева Людмила Михайловна

*Курганский институт железнодорожного
транспорта,
старший преподаватель*

График движения поездов на железнодорожном транспорте обеспечивает слаженную, ритмичную работу подразделений и служб железных дорог при перевозках грузов и пассажиров. Он выражает план всей эксплуатационной работы и

является основой организации перевозок. Выполнение задаваемого объема перевозок обеспечивается установлением для каждого участка определенных размеров движения пассажирских и грузовых поездов различных категорий, безопасность движения поездов – соблюдением технических нормативов (норм массы, перегонных времен хода, станционных и межпоездных интервалов, норм стоянок поездов для технических и коммерческих операций), а также требований ПТЭ о порядке приема, отправления и следования поездов и выполнения маневровой работы.

1. Основы организации движения поездов

Основой организации движения поездов по инфраструктуре является сводный график движения поездов, который объединяет деятельность всех подразделений, выражает заданный объем эксплуатационной работы подразделений владельцев инфраструктур. Организация движения поездов в пределах одной инфраструктуры осуществляется на основании графика движения поездов, утверждаемого и вводимого в действие владельцем этой инфраструктуры.

Движение поездов по графику обеспечивается соблюдением норм и правил, правильной организацией и выполнением технологического процесса работы железнодорожных станций, депо, тяговых подстанций, пунктов технического обслуживания и других подразделений железнодорожного транспорта, связанных с движением поездов.

Нарушение сводного графика движения поездов не допускается. График является основой организации движения поездов на железнодорожном транспорте. Он определяет:

- последовательность занятия поездами перегонов;
- время отправления и прибытия поездов по каждому раздельному пункту;
- скорости движения поездов по перегонам;
- нормы времени стоянки поездов на станциях;
- серии локомотивов, обслуживающих поезда;
- весовые нормы и длины поездов.

Движение поездов строго по графику обеспечивается правильной организацией и точным выполнением технологического процесса работы станций, локомотивных и вагонных депо, тяговых подстанций, пунктов технического осмотра и других подразделений железных дорог, связанных с движением поездов.

График движения поездов должен обеспечивать:

- своевременную перевозку грузов и пассажиров;
- выполнение требований безопасности движения;
- наиболее выгодное использование подвижного состава;
- ритмичность работы станций и участков при наилучшем использовании их пропускной способ-

ности.

График движения поездов представляет собой графическое изображение следования поездов по участкам и направлениям, выполненное в координатных осях времени (горизонтальная ось) и расстояния (вертикальная ось).

Он устанавливает время прибытия, отправления и проследования поездов по каждому раздельному пункту, время следования поездов по перегонам, продолжительность нахождения локомотивов и бригад на участках и конечных станциях.

При составлении графика движения устанавливается приоритетность:

- 1) пассажирские скоростные;
- 2) пассажирские скорые;
- 3) пассажирские всех остальных наименований;
- 4) почтово-багажные, воинские, грузопассажирские, людские и ускоренные грузовые;
- 5) грузовые (сквозные, участковые, сборные и т.д.)

2. Разработка графика движения поездов

График движения составляют одновременно для всей сети железных дорог на годовой период времени. На отдельных дорогах график корректируют на зимний период.

Расписание движения пассажирских поездов обычно сохраняется без изменения в течение нескольких лет, лишь частично корректируется при изменениях технической вооруженности участков и в других необходимых случаях. По ряду причин (сезонность перевозок некоторых, главным образом сельскохозяйственных грузов, открытие и закрытие навигации, ввод в действие новых предприятий и др.) размеры движения грузовых поездов в течение года на некоторых участках значительно изменяются; размеры пассажирских перевозок достигают наибольших величин в летние месяцы – июль, август. Поэтому основной вариант графика предусматривает наибольшие объемы перевозок грузов и пассажиров с некоторым резервом.

Перед разработкой графика движения ОАО «РЖД» задает каждой дороге качественные нормативы: техническую, участковую и маршрутную скорости, показатели использования локомотивов, унифицированные нормы массы пассажирских и грузовых поездов, а также типовые нормы станционных и межпоездных интервалов. Кроме того, для составления графика необходимы размеры движения поездов, допускаемые скорости движения по перегонам и станциям, серии поездных локомотивов, продолжительность технических и коммерческих операций с поездами, а также операций по обслуживанию локомотивов, нормативы работы и отдыха бригад и др.

График составляется в отделениях дорог, увязывается между отделениями в управлениях дорог и по стыкам между дорогами в ОАО «РЖД». В связи с этим наиболее целесообразным является

следующий порядок построения графика:

- прокладываются пассажирские поезда дальнего и местного сообщения по согласованным моментам их перехода от одного подразделения на другое (с дороги на дорогу, с одного отделения дороги на другое и т.д.), затем ускоренные грузовые и сборные;

- разрабатывается принципиальная схема (эскиз) графика движения поездов и оборота локомотивов для всего направления с учетом выбранных систем организации местной работы участков и направления;

- в соответствии с принципиальной схемой строятся подробные графики для каждого участка;

- разработанные по участкам графики движения поездов увязываются между собой как по «ниткам» хода поездов, так и по соответствию интервалов подхода «обрывных ниток» поездов к станциям (разборочных, следующих на ответвление и т.п.).

Для грузовых поездов, так же как и для пассажирских, график строится сквозным на всем протяжении маршрута следования поезда. Это обеспечивает согласование работы смежных участков, лучшее использование локомотивов, повышение маршрутной скорости и определяет требования к технологии работы технических станций по пропуску и переработке поездов. Увязка графика движения с технологией работы станций позволяет лучше использовать пропускную способность всего комплекса устройств и обеспечивать выполнение требований по безопасности движения.

Грузовые поезда прокладывают на графике равномерно в течение суток, что создает условия ритмичной работы всего направления, особенно узлов и станций, и обеспечивает стабильность выполнения графика.

Наиболее трудоемким и важным этапом разработки графика является построение его варианта для отдельного участка, так как в нем должны быть найдены оптимальные решения по всему комплексу взаимосвязанных задач графика.

2.1. Прокладка пассажирских поездов.

При прокладке пассажирских поездов необходимо обеспечивать:

- возможно более удобное для пассажиров время отправления поездов с начальных и прибытия на конечные станции;

- наибольшую скорость движения, согласование расписаний на узловых станциях и другие требования удобств для пассажиров;

- наилучшее использование технических средств железнодорожного транспорта (пропускной способности линий, подвижного состава и др.).

Приоритет при прокладке на графике имеют скорые поезда (в первую очередь, фирменные) постоянного обращения, затем дальние пассажирские, местные и пригородные круглогодичного обращения.

Пассажирские поезда прокладывают на графи-

ке разрозненно или пачками. Разрозненным называется такое расположение ниток, при котором между двумя смежными пассажирскими поездами может быть пропущен хотя бы один грузовой поезд. При пачечной (пакетной) прокладке пассажирские поезда собраны в группы так, что между ними не может быть пропущен грузовой поезд. На однопутных линиях, оборудованных полуавтоматической блокировкой, пачечное расположение пассажирских поездов, как правило, невыгодно, так как приводит к значительному падению участковой скорости грузовых поездов (из-за больших простоев при скрещении с пачкой пассажирских поездов). Однако на однопутных участках, оборудованных автоблокировкой, целесообразна бывает и пакетная прокладка. На двухпутных линиях наиболее выгодна пачечная (пакетная) прокладка. Однако, допустимое число поездов в пачке (пакете) зависит от числа приемо - отправочных путей на станциях. Возможность прокладки определенного числа поездов в пачке (пакете) проверяют по пропускной способности приемоотправочных парков на станциях.

На особо грузонапряженных участках для уменьшения влияния пассажирских поездов на грузовое движение грузовые и пассажирские поезда прокладывают с одинаковой скоростью (параллельный график). При электрической тяге и высокой скорости движения это позволяет увеличить число грузовых поездов на графике без существенного ущерба для пассажирского движения.

На участках с большими размерами движения местных или пригородных поездов прокладку дальних поездов увязывают с расположением утренних и вечерних пачек (пакетов) этих поездов.

2.2. Особенности разработки графика на электрифицированных линиях

На участках, электрифицированных на постоянном токе, необходимо учитывать, что напряжение в контактной сети зависит от профиля пути, массы поезда, потребляемого локомотивом тока, мощности тяговых подстанций, схемы питания участка, сечения проводов контактной сети, а также от наличия и расположения в фидерной зоне других поездов. Фидерной зоной называется часть участка, которую питает током одна питающая линия (фидер) при одностороннем электроснабжении или два фидера смежных тяговых подстанций при двустороннем электроснабжении. Наиболее благоприятные условия для работы устройств электроснабжения – чередование на графике тяжёловесных поездов, идущих двойной тягой, и легковесных (маршрутов из порожних вагонов и др.), грузовых поездов с пассажирскими и ускоренными, имеющими меньшую массу, чем грузовые (особенно в периоды сгущенного движения). При большом сгущении поездов в отдельные часы или периоды суток необходимо проверять время хода поездов по перегону в зависимости от потери напряжения в контактной сети. Следует избегать скрещений поездов в конце фидерной зоны

(при одностороннем питании), в том числе и на двухпутных участках. Скрещение поездов, особенно на участках с равнинным профилем, рекомендуется осуществлять в зоне, прилегающей к тяговой подстанции. При неизбежности скрещения не надо задерживать поезд, следующий на подъем.

Составленный на заданные размеры движения поездов график должен обеспечивать равномерную нагрузку на тяговые подстанции и наименьшее падение напряжения на токоприемнике каждого пропускаемого по участку поезда. При обращении однотипных поездов это требование сводится к обеспечению равномерной их прокладки с равными интервалами.

Кроме того, при прокладке линий хода поездов на графике следует учитывать также профиль пути, стремясь располагать эти линии так, чтобы при следовании одного поезда на подъем одновременно другой поезд следовал под уклон. Такое расположение поездов особенно эффективно на участках, где применяется рекуперативное торможение. В этом случае повышенное потребление энергии поездом, следующим на подъем, в известной мере компенсируется энергией, возвращаемой поездом, следующим под уклон с торможением. На участках, электрифицированных на переменном токе, благодаря более высокому уровню напряжения расположение поездов между подстанциями существенно не влияет на их скорость.

При существующих объемах грузового движения на данном участке (10-12 пар поездов в сутки при характеристике перегонов Марково – Пресногорьковская однопутный; Утяк – Курган трехпутный перегон) введение предлагаемого железнодорожного автобуса осуществляется без ущерба движения грузовому потоку на участке Курган – Пресногорьковская. График движения автобуса показан на рис.1.

3. Анализ предложения о запуске полноценного поезда по маршруту

С августа 2012 года были отменены сообщения во многих регионах стары более чем в 2 раза, пострадали и наши сообщения. Электропоезд, идущий в направлении Курган – Пресногорьковская, отменили совсем. Российские железные дороги остановили электрички в 55 субъектах Российской Федерации.

Проведя маркетинг маршрута, было установлено:

- Курган – узловая железнодорожная станция Курганского региона Южно-Уральской железной дороги, находящаяся в городе Кургане, административном центре Курганской области. На станции располагаются два железнодорожных вокзала. Население города Кургана составляет 327890 человек.

- Станция Марково является железнодорожным разъездом, находящимся в п. Светлые поляны с населением 740 человек.

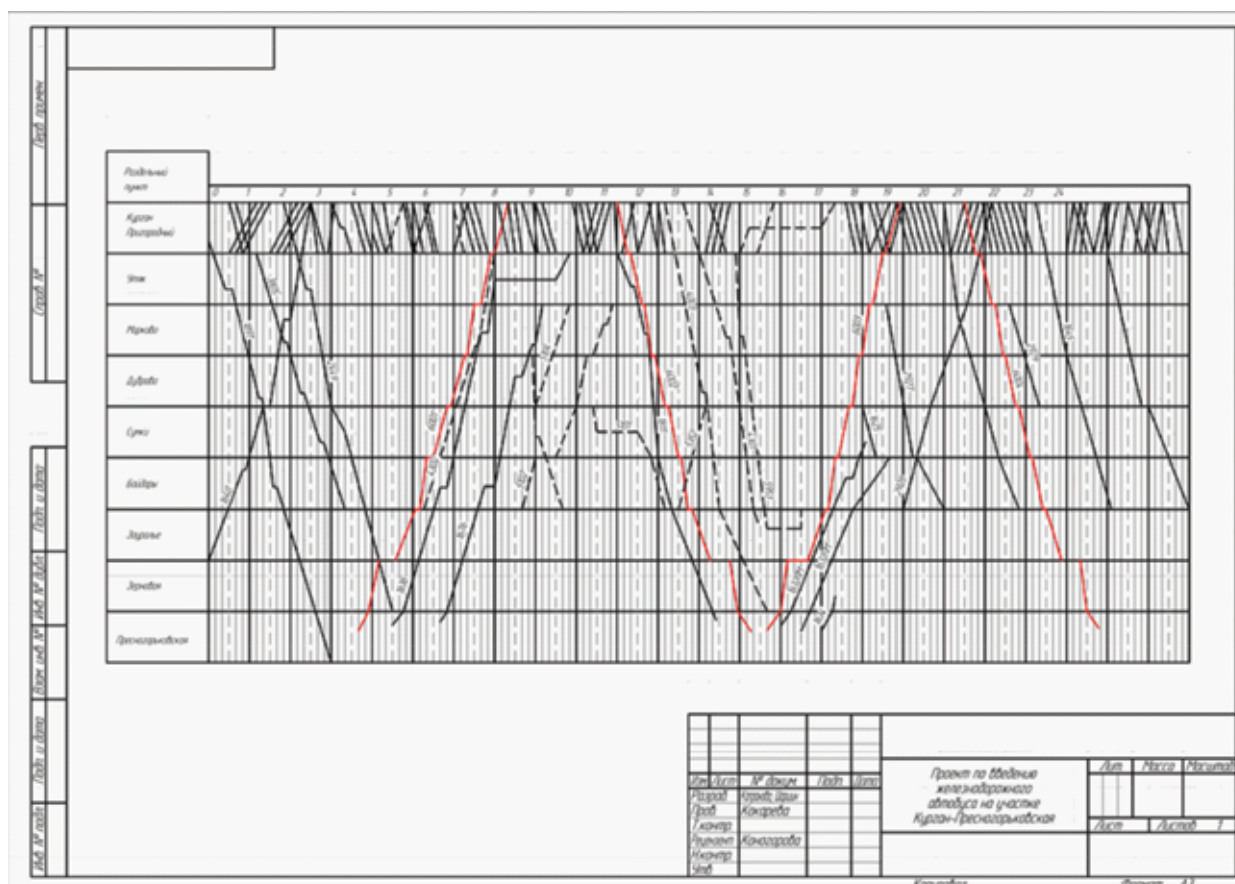


Рис. 1. График движения железнодорожного автобуса на участке Курган-Пресногорьковская

- Станция Сумки – станция, находящаяся в 2,5 км от села Сумки Половинского района Курганской области. Рядом со станцией находится небольшой посёлок. В селе Сумки проживает 1180 человек.

- Станция Байдары – станция в Половинском районе Курганской области, примерно в 70 км от областного центра. Здесь проживают 538 человек.

- Станция Зауралье находится рядом с населённым пунктом с. Половинное с населением 6280 человек.

- Станция Зерновое находится в населённом пункте с населением 220 человек.

- Станция Пресногорьковская – опорная станция, находящаяся в населённом пункте (2420 человек).

Примерно 5% населения будут пользоваться электропоездом.

Станция Курган - $(327890 \cdot 5) / 100 = 16394$ человек.

Станция Марково - $(740 \cdot 5) / 100 = 37$ человек.

Станция Сумки - $(1180 \cdot 5) / 100 = 59$ человек.

Станция Байдары - $(538 \cdot 5) / 100 = 27$ человек.

Станция Зауралье - $(6280 \cdot 5) / 100 = 314$ человек.

Станция Зерновое - $(211 \cdot 5) / 100 = 11$ человек.

Станция Пресногорьковская - $(2420 \cdot 5) / 100 = 120$ человек.

Станция Пресногорьковская стоит на российской дороге, и там неплохое движение. Продлить направление – это идеальный вариант для региона. Переброска заполненного поезда с соседней

ветки, который набирает наименьшее количество пассажиров по станции Петропавловск – даст движение на этом участке без потери пассажиропотока для поезда.

Список литературы

1. Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации.
2. Абрамов А.А. Управление эксплуатационной работой: Ч. II. График движения поездов и пропускная способность: Учебное пособие. – М.: РГОТУПС, 2008. – 171 с.
3. Боровикова М.С. Организация движения на железнодорожном транспорте: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. – М.: Маршрут, 2003. – 368 с.
4. Семищенко В.Н. Пассажирские перевозки: Пособие для проводника пассажирского вагона. – М.: Маршрут, 2005. – 379 с.
5. Инструкция по движению поездов и маневровой работе на железнодорожном транспорте Российской Федерации.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ СТАБИЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЬЦЕВОГО МИКРОРЕЛЬЕФА (КМР)

DEFINITION OF CONDITIONS FOR A STABLE FORMING A RING OF MICRORELIEF (CMR)

Ключевые слова: затвор, кольцевой рельеф, качество, режимы обработки, сравнительные испытания, абразивные круги, характеристики, герметичность, наработка на отказ.

Keywords: breech ring relief, quality, processing modes, comparative tests, abrasive circles, characteristics, integrity, MTBF.

Аннотация

Показано, что образцы из стали 20X13, HRC 27...32 обрабатывались в специальных приспособлениях на токарном станке при соответствующих режимах. Показаны результаты эксперимента. Исследована продолжительность обработки в зависимости от частоты вращения, детали и результаты влияния частоты правки круга на герметичность затвора. Даны результаты сравнительных испытаний КМР в паре с притертой поверхностью. Даны определения уровня надежности предложенного способа обработки. Приведены результаты испытаний затворов с КМР по ТУ завода. Указан средний ресурс до 4000 циклов.

Annotation

It is shown that the samples of steel 20X13, HRC 27...32 processed in a special devices on the lathe with the corresponding modes. The results of experiment. Investigated the duration of the treatment, depending on speed, details and results of influence of frequency wheel dressing leak shutter. Given the results of comparative tests CMR paired with a glass surface. Given determine the level of reliability of the proposed method of handling. The results of tests of valves with CMR on THE plant. Indicated the average life up to 4000 cycles.

Вяткин Игорь Александрович

Курганский институт железнодорожного транспорта,

тел. 89195746863; iwiatkin@mail.ru

Хмелев Станислав Андреевич

Курганский институт железнодорожного транспорта,

тел. 89125299169

Вяткин Александр Игогrevич

Тюменский государственный университет,
тел. 89129233643

В транспортном машиностроении вопросы герметичности затворов контактного типа остаются актуальными. Затвор с кольцевым микрорельефом является наиболее технологичным затвором [4].

В настоящей работе исследования проводились на образцах из стали 20X13, HRC 27...32 с шириной уплотнительной поверхности 2 мм и средним диаметром 30 мм. В качестве ответной поверхности, при проведении испытаний на герметичность, использовали образец из сплава ВК8, обработанный до шероховатости $Ra = 0,04$ мкм и неплоскостности 0,3 мкм.

При проведении данного эксперимента качество КМР определяли только по условиям герметичности уплотнения.

В качестве абразивного инструмента использовали вулканитовые круги зернистостью 16, 20, 25, 32, 40.

Условия проведения эксперимента:

1. Число оборотов – 7,5; 11,8; 18,6; 23,3; 30 с⁻¹.
2. Давление инструмента – 20; 60; 100; 120; 140 Н/см².
3. Давление уплотняемой среды – 10 МПа.
4. Уплотняемая среда – воздух.
5. Усилие обжатия уплотнительных поверхностей, 14,7 кН,
6. Степень герметичности – уплотнение считается герметичным, если от плоскости разъема в течении трех минут не оторвалось ни одного пузырька.

Последовательность проведения эксперимента.

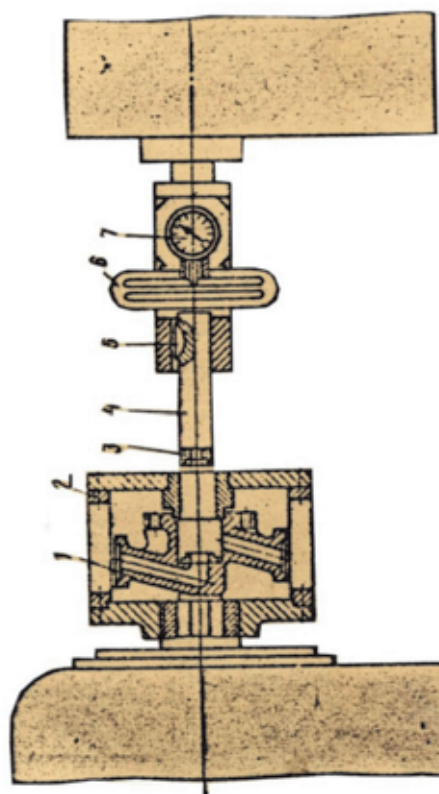


Рис. 1. Приспособление для обработки уплотнительных поверхностей

Образец 1 (рис.1) устанавливали в патрон токарного станка и уплотнительную поверхность предварительно протачивали до шероховатости $R_a = 1,25 \dots 0,8$ мкм, затем с помощью приспособления 3–7 (рис.1), закрепленного в задней бабке станка, на обработанной поверхности формировали КМР.

Нижнюю границу продолжительности обработки определяли следующим образом. Используя расчетные зависимости (рис. 2–6), выбирали для определенного давления инструмента и числа оборотов значение продолжительности обработки. На этом режиме проводили пять опытов. Если опыты были положительными, продолжительность обработки сокращали и снова проводили обработку. Продолжительность обработки сокращали до тех пор, пока из пяти опытов хотя бы один не получался с отрицательным результатом.

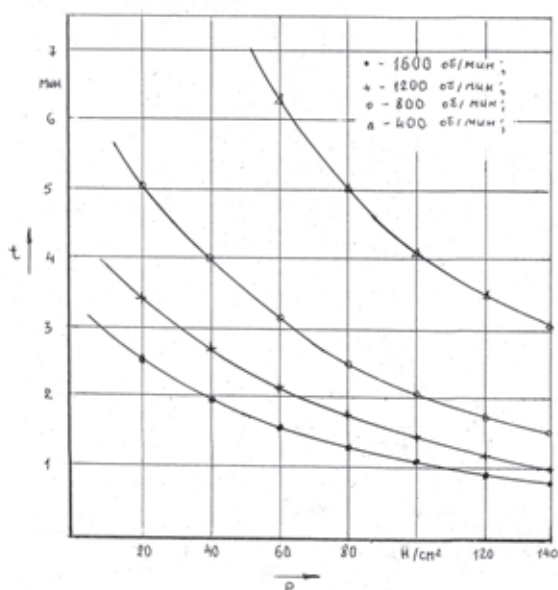


Рис.2. Зависимость продолжительности обработки от давления инструмента (зернистость 16)

Формирование КМР каждый раз осуществляли вновь заправленным абразивным инструментом.

В такой последовательности были проведены исследования с абразивными кругами каждой зернистости для принятых чисел оборотов и давлений инструмента.

Результаты исследований приведены в табл. 1

Как показал анализ ошибка расчетных зависимостей и эксперимента составляет 30 ... 40%.

Следует отметить, что правка инструмента после каждой операции формирования КМР значительно увеличивает подготовительное время. Поэтому необходимо определить возможное число операций, при которых стабильно формируется КМР без правки инструмента.

В связи с этим был проведен эксперимент, заключающийся в следующем: на определенных пяти режимах (табл. 2) обрабатывали по девять образцов без правки инструмента. Каждый обра-

зец проверяли на герметичность в паре с образцом из сплава ВК8. Герметичность проверяли при тех же условиях.

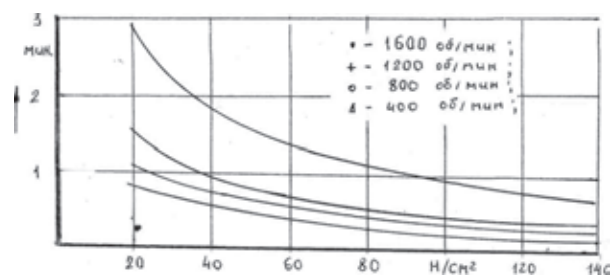


Рис. 3. Зависимость продолжительности обработки от давления инструмента (зернистость 25)

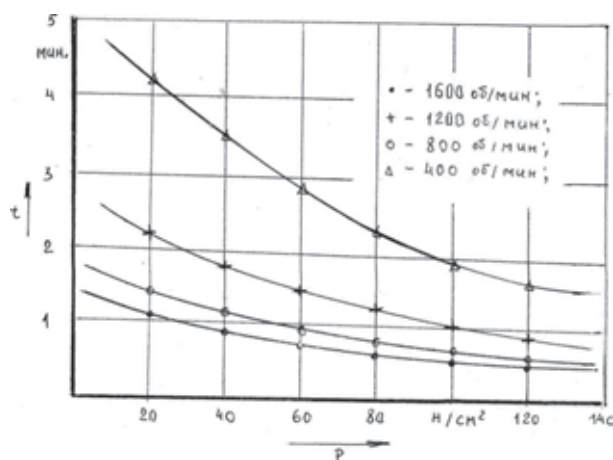


Рис.4. Зависимость продолжительности обработки от давления инструмента (зернистость 20)

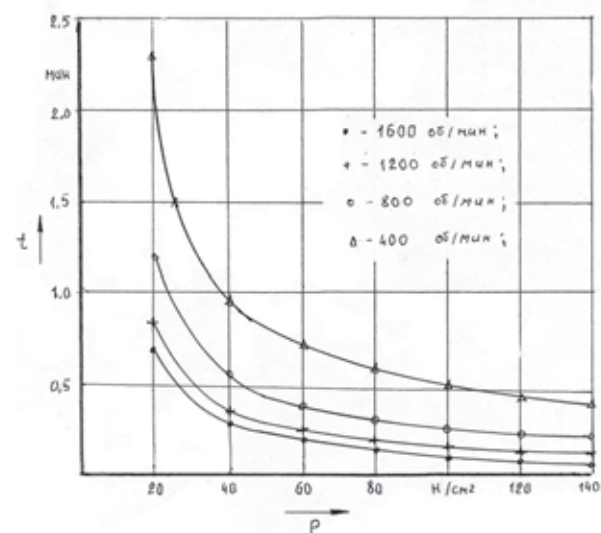


Рис.5. Зависимость продолжительности обработки от давления инструмента (зернистость 32)

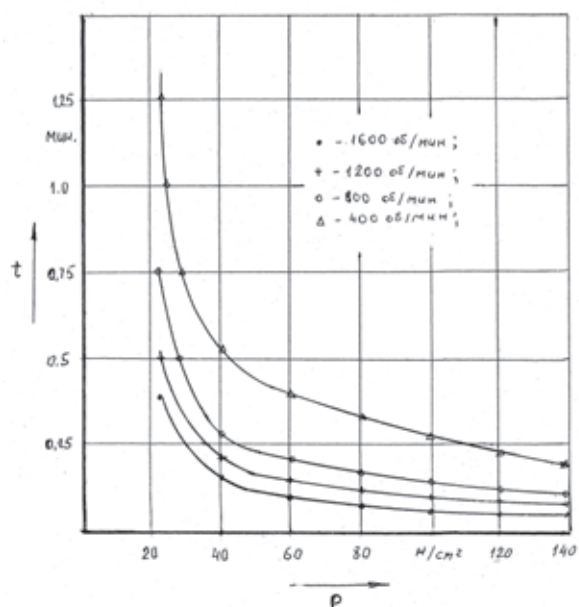


Рис.6. Зависимость продолжительности обработки от давления инструмента (зернистость 40)

Таблица 1
Результаты экспериментальных исследований продолжительности обработки в зависимости от давления инструмента и частоты вращения детали

Частота вращения	Зернистость	Давление инструмента Н/см ²				
		20	80	100	120	140
с ⁻¹	Время обработки мин.					
7,5	16	9	5,2	4	3,25	2,75
	20	4,25	2,3	1,75	1,5	1,25
	25	3,5	1	0,75	0,6	0,5
	32	2,6	0,6	0,4	0,35	0,3
	40	2	0,3	0,25	0,2	0,18
11,8	16	5,75	2,75	2	1,6	1,4
	20	2,5	1,25	0,8	0,75	0,65
	25	1,75	0,85	0,5	0,4	0,35
	32	1,5	0,45	0,3	0,18	0,15
	40	0,8	0,25	0,15	0,14	0,13
18,6	16	4,7	2,25	1,7	0,8	0,8
	20	1,5	1,0	0,75	0,65	0,55
	25	1,4	0,67	0,45	0,32	0,30
	32	1,2	0,42	0,27	0,15	0,14
	40	0,65	0,25	0,14	0,13	0,12
23,3	16	3,75	1,75	1,4	1,25	1,0
	20	1,75	0,75	0,65	0,5	0,45
	25	1,25	0,5	0,4	0,35	0,3
	32	1,1	0,4	0,25	0,16	0,13
	40	0,5	0,25	0,13	0,12	0,11
30	16	3	1,4	1	0,75	0,5
	20	1,25	0,6	0,45	0,30	0,25
	25	0,75	0,45	0,35	0,25	0,2
	32	0,70	0,30	0,20	0,15	0,12
	40	0,45	0,13	0,12	0,11	0,10

Результаты эксперимента показали, что стабильный кольцевой микрорельеф можно получить

только на семи деталях, после чего необходима правка инструмента (табл.2).

Таблица 2
Влияние правки круга на герметичность уплотнения

№	Частота вращен., с ⁻¹	Усилие прижат., Н	Время обработ., сек.	Номер опыта									
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	
				Герметичность									
1	7,5	260	250	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
2	11,8	160	35	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
3	15	100	30	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
4	23,3	60	30	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
5	30	40	35	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-

Такую непродолжительную стойкость инструмента можно объяснить тем, что закрепление абразивных зерен в эластичной связке не жесткое, и зерна могут выкрашиваться в момент касания круга с обрабатываемой поверхностью и при разогреве.

Для определения использования в уплотнениях поверхности с КМР в паре с поверхностями, обработанными различными способами, были проведены сравнительные испытания.

В качестве образцов использовали свертные кольца вентиля 15с27НЖ Ду = 25 из стали 20Х13 НР 27... 32, на которых формировали КМР.

Обработку образцов проводили кругами зернистостью 16, 20, 25, 32, 40 при различных числах оборотов. С обработанных поверхностей снимали профилограммы в продольном и поперечном направлениях, после чего образцы испытывали на герметичность.

В качестве ответной поверхности использовали золотники, обработанные притиркой, выглаживанием и точением. Результаты испытаний (таблица 3; 4) показали, что качественное уплотнение обеспечивается в сочетании с КМР притертой поверхностью.

Проведенные экспериментальные исследования показали возможность использования эластичных абразивных инструментов для обработки уплотнительных поверхностей запорных устройств.

Однако о качестве предложенного способа обработки можно судить лишь в том случае, когда проведены промышленные испытания опытной партии деталей с последующем контролем качества их изготовления.

Качество способа обработки не должно оцениваться каким-либо одним параметром. Для его оценки необходимо использовать ряд определенных характеристик. Так, в работе [1] выделены три основных показателя: надежность, стабильность, работоспособность.

Под надежностью технологического процесса (операции) понимают его свойство выполнять заданные функции, сохраняя показатели качества и ритм выпуска годной продукции в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или требуемой наработки [1].

Таблица 3

Результаты сравнительных испытаний уплотнений с КМР и плоской притертой поверхностью

№ п/п	Круг 1				Круг 2				Вид обраб
	Частота вращен с ⁻¹	Марка круга	Усил. приж., кг	Время приж. с	Частота вращен. с ⁻¹	Марка круга.	Усил. приж., кг	Время приж. с	
1	1120	32 ГС	20	30	1120	20 ГМ	120	30	притир.
2	1400	32 ГС	100	30	1400	20 ГМ	300	30	притир.
3	1400	32 ГС	200	30	1400	20 ГМ	200	30	притир.
4	1120	20 ГМ	120	30					притир.
5	1400	32 ГС	120	20	1400	20 ГМ	120	20	притир.
6	1400	32 ГС	300	30	1400	20 ГМ	200	30	притир.
7	1400	32 ГС	120	15	1400	20 ГМ	120	15	притир.
8	460	32 ГС	200	30	450	20 ГМ	200	30	притир.
9	1800	32 ГС	120	4					притир.
10	1800	32 ГС	400	20					притир.
11	1800	32 ГС	60	60					притир.
12	710	32 ГС	200	30	710	20 ГМ	200	30	проточ.
13	1400	32 ГС	300	30	1400	20 ГМ	200	30	выгл.
14	1400	32 ГС	200	60	1400	20 ГМ	200	60	притир.
15	1120	16 ГМ	600	20					выгл.
16	1120	32 ГС	300	30					проточ.
17	1400	32 ГС	600	15					проточ.
18	1800	32 ГС	60	60	1800	20 ГМ	60	30	притир.
19	1400	32 ГС	120	30	1400	20 ГМ	60	30	притир.
20	1400	32 ГС	180	30	1400	16 ГМ	60	30	притир.
21	1800	16 ГМ	60	30	710	32 ГС	120	30	притир.
22	1800	20 ГМ	60	30	710	32 ГС	120	30	притир.
23	1400	32 ГС	80	15					притир.

Таблица 4

Производственные испытания предложенного способа обработки

№ п/п	Золотник			Давлен. среды МПа	Усилие Обжатия кгс	Утечка См/мин	Примечания
	Шерош. мкм	Неплоск. мкм	Материал				
1	0,08	0,3	20х13	10	1500	0	
2	0,08	0,2	20х13	10	1500	0	
3	0,08	0,2	20х13	9	1500	0,16	
4	0,08	0,2	20х13	9	1500	0,125	
5	0,08	0,3	20х13	8,5	1500	2,01	
6	0,08	0,2	20х13	8,5	1500	0,25	
7	0,08	0,1	20х13	8,5	1500	0,645	
8	0,08	0,2	20х13	8,5	1500	0,25	
9	0,08	0,2	20х13	7,5	1500	0,06	Пригодна для кольца
10	0,08	0,2	20х13	7,5	1500	0	
11	0,08	0,2	ВКС	10	1500	0,004	Опыт повторили
12	0,32	0,3	20х13	10	1500	0	5 раз
13	0,125	0,3	20х13	10	1500	0,16	4 раза
14	0,08	0,3	20х13	10	1500	0,01	
15	0,08	0,3	20х13	10	1200	0,012	
16	0,16	0,3	20х13	10	1200	0,8	
17	0,32	0,3	20х13	10	1200	0,25	5 раз
18	0,08	0,2	ВКС	12	1500	0	
19	0,08	0,2	ВКС	10	1500	0,0004	8 раз
20	0,08	0,2	ВКС	10	1500	0	4 раза
21	0,08	0,2	ВКС	10	1500	0	10 мин
22	0,08	0,2	ВКС	10	1500	0	10 мин
23	0,08	0,2	ВКС	10	1500	0	

Стабильность – это свойство технологического процесса сохранять показатели качества изготовления продукции в заданных пределах в течение некоторого промежуточного времени (ГОСТ 16949-71).

Состояние технологического процесса, при котором он способен обеспечивать соответствие показателей качества и ритма выпуска годной продукции требованиям технической документации, называют работоспособностью [1]. Под качеством здесь понимается способность предложенного способа обработки обеспечить необходимые характеристики кольцевого микрорельефа и отсутствие прижогов.

Определение уровня надежности предложенного способа обработки проводили на серийно выпускаемых вентилях типа 15с27нж1 Ду15 и вентилях КЗ 220004.010.

В соответствии с РТМА 34-69 [5] для указанных вентилях по методу однократной выборки были приняты следующие исходные данные (табл.5):

Таблица 5

Наименование	P_2	C	β	n
15с27нж1	0,995	0	0,1	459
КЗ 220004.010	0,980	2	0,1	265

где P_2 – уровень надежности;

C – приемочное число (предельно допустимое значение количества дефектных изделий в выборке);

β – риск потребителя (вероятность принятия партии деталей, обладающей бракованным уровнем качества);

n – минимальный объем выборки. На основании определенного объема выборки по разработанной технологии были изготовлены 500 штук вентилях 15с27нж1 и 300 штук КЗ 220004.010.

Обработку корпусов проводили на станке 1А 616 в специальном приспособлении, закрепленном вместо патрона на планшайбе станка (рис. 1). Уплотнительные поверхности предварительно протачивали при 1120 об/мин, с подачей $S=0,05$ мм/об. и глубиной резания $t=0,5$ мм.

Нанесение КМР осуществляли в два этапа: сначала – вулканитовым кругом зернистостью 32 при 710 об./мин, с усилием прижима $P=80$ кН продолжительность обработки 20 секунд, затем – вулканитовым кругом зернистостью 16 на тех же режимах.

Правку вулканитового круга проводили абразивным инструментом на керамической связке зернистостью 16 после каждой операции получения кольцевого микрорельефа. Вращающийся правящий круг прижимался к поверхности эластичного инструмента усилием 0,2 кГ. Продолжительность правки определяли по моменту исчезновения следов обработки на поверхности эластичного инструмента.

Уплотнительные поверхности золотников обрабатывали на притирочном станке ПДС-3М [3] до шероховатости $Ra=0,08 \dots 0,04$ мкм и неплоскостности, равной $0,4 \dots 0,3$ мкм. Оценку уровня надежности проводили по испытанию собранных вентилях на герметичность.

Обработанные корпуса вентилях и притертые золотники были собраны в цехе №2 п/о «Курганармхиммаш» по существующей технологии.

Испытания вентилях с кольцевым микрорельефом на герметичность по действующим ТУ завода показали положительные результаты.

С целью проверки работоспособности уплотнений с кольцевым микрорельефом на седле и притертым плоским золотником в стендовом корпусе завода были проведены испытания партии экспериментальных вентилях в количестве 6 штук. Испытания проводились способом автоматической наработки циклов на статике. Проверка герметичности затвора осуществлялась воздухом при давлении 10 МПа. Отказом считалось появление хотя бы одного пузырька воздуха, проходящего через затвор в течение трех минут. Испытания на герметичность проводились через 4000 циклов наработки.

По мере наработки ресурса величина обжатия снижалась (1000-1500 циклов), затем увеличивалась, не превышая требуемого значения (1500-2500 циклов) и снова незначительно уменьшалась (3000-3500 циклов), а после 4500 циклов - постепенно увеличивалась, превышая заданную величину. Аналогичные результаты были получены при исследовании работоспособности плоского уплотнения [2].

Испытаниями был получен следующий ряд отказов для вентилях с 1 по 6 соответственно: 5200, 5200, 4400, 6000, 5200, 5200. Средний ресурс до списания вентилях 4000 циклов.

Список литературы

1. Рыжов Э.В., Суслов А.Г., Федоров В.П. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. – М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.
2. Туник Я.А., Непрокин Е.И. Исследование работы контактных металлических уплотнений периодического действия // Химическое и нефтяное машиностроение, 1971. – № 10. – С. 33-35.
3. Некрасов В.Н., Серебренников Ю.Б. Плосководоводные станки с растровым доводочным движением // Станки и инструменты. – 1973. – № 12. – С. 5-6.
4. Вяткин И.А., Хмелев С.А. Расчет режимов обработки уплотнительных поверхностей абразивными инструментами на эластичной основе // Актуальные проблемы современной науки: Материалы межрегиональной научно-практической конференции. – Курган: КИЖТ, 2010. – С. 8-11.

БИКЛОТОИДНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДИНОЧНЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

BICLOTIMOLA DESIGNING SINGLE CURVILINEAR SECTIONS OF RAILWAY TRACK FOR HIGH- SPEED RAIL BY MEANS OF SIMULATION MODELING

Ключевые слова: биклотоида, «классическая» кривая, криволинейный участок, высокоскоростное движение, имитационное моделирование, железнодорожный путь, переходная кривая, круговая кривая, силовое взаимодействие, поперечные силы.

Keywords: biclothoid, «classical» curve, curved section, high-speed traffic, simulation, railroad, transition curve, circular curve, the force interaction, the transverse forces.

Аннотация

В данной статье речь идет о новой геометрии одиночных криволинейных участков железнодорожного пути. Проведен сравнительный анализ возможности проектирования одиночных биклотоид взамен «классических» одиночных кривых путем имитационного моделирования. Анализ проводился для высокоскоростного движения поездов. Подтверждена целесообразность биклотоидного проектирования одиночных кривых.

Annotation

In this article, we are talking about the new geometry of single curve of the railway track. Comparative analysis of the possibilities of designing single biclothoids instead of «classical» single curves was performed by simulation. The analysis was performed for high-speed trains. Expediency of designing single biclothoid curves confirmed.

Краевченко Ольга Андреевна

Уральский государственный университет
путей сообщения,
канд. техн. наук, ассистент кафедры «Путь и
железнодорожное строительство»

Средняя по сети участковая скорость пассажирских поездов в дальнейшем следовании согласно

исследованиям автора [1] не превышает 55 км/ч. Согласно нормам [2] проектирование магистралей, на которых предусматривается движение пассажирских поездов со скоростями более 200 км/ч, должно выполняться по специальным нормам. К примеру, для составления Технико-экономического обоснования (ТЭО) строительства высокоскоростной магистрали Санкт-Петербург – Москва, предназначенной для движения поездов со скоростями до 350 км/ч, нормы проектирования постоянных сооружений этой магистрали, утвержденные МПС в 1991 г. [3], разработаны на основе проведенных экспериментальных и теоретических исследований, а также с учетом опыта строительства и эксплуатации зарубежных ВСМ.

Для обоснования выбора параметров плана высокоскоростных магистралей во ВНИИЖТе МПС были выполнены исследования взаимодействия подвижного состава и пути в прямых участках и кривых различного радиуса при скоростях до 300 км/ч [4]. Анализ результатов расчетов направляющих сил в кривых радиусом от 4000 м до 7000 м, боковых сил и сил трения между колесами и рельсами определили значения радиусов кривых 7000 м, и только в исключительных случаях – не менее 4000 м.

На высокоскоростных магистралях возвышение наружного рельса в кривых должно удовлетворять двум основным требованиям: во-первых, обеспечивать одинаковый вертикальный износ обоих рельсов, во-вторых, создавать комфортные условия езды пассажиров, характеризующиеся величиной непогашенного ускорения. Исходя из этих требований необходимо соблюдение следующих условий [5]:

1. Непогашенное поперечное ускорение $a_{неп}$ не более 0,4 м/с²;

2. Нарастание непогашенного ускорения ψ не более 0,4 м/с³;

3. Крутизна отвода возвышения наружного рельса i в зависимости от диапазона скоростей должна быть:

201-250 км/ч – не более 0,50 мм/м (‰);

251-300 км/ч – не более 0,45 мм/м (‰);

301-350 км/ч – не более 0,40 мм/м (‰);

351-400 км/ч – не более 0,37 мм/м (‰).

Величину минимального радиуса кривых в плане следует определять по формуле (1):

$$R_{\min} = \frac{12,5V_{\max}^2}{h + a_{неп} \cdot 163}, \quad (1)$$

где h – возвышение наружного рельса, мм;

V_{\max} – наибольшая скорость движения поезда по кривой, км/ч;

$a_{неп}$ – непогашенное ускорение, равное 0,4 м/с².

При максимально допустимом на железных дорогах России [6] возвышении наружного рельса $h_p = 150$ мм и величине непогашенного ускоре-

ния $a_{неп} = 0,4 \text{ м/с}^2$ минимально допустимые радиусы кривых для граничных значений скоростей движения будут равны:

- для скорости 350 км/ч – 7200 м;
- для скорости 400 км/ч – 9400 м.

В таблице 1 приведены рассчитанные по формуле (1) значения минимальных радиусов кривых в плане в зависимости от возвышения наружного рельса при величине непогашенного ускорения $a_{неп} = 0,4 \text{ м/с}^2$ для скоростей движения 350 км/ч и 400 км/ч [5]. При учете эксплуатационных требований величину минимально допустимого радиуса следует принимать по таблице 1.

Таблица 1

Минимально допустимые радиусы кривых в плане

h , мм	Значения R_{min} , м при величине непогашенного ускорения $a_{неп} = 0,4 \text{ м/с}^2$ и скоростях V_{max}	
	350 км/ч	400 км/ч
100	9400	12000
110	8800	11500
120	8400	10900
130	7850	10400
140	7500	9900
150	7200	9400

Величина минимального возвышения наружного рельса в кривых на основании (1) определится по формуле (2):

$$h_{min} = 12,5 \frac{V_{max}^2}{R} - a_{неп} \cdot 163, \quad (2)$$

где h_{min} – минимальное необходимое возвышение наружного рельса в кривых, мм;

V_{max} – максимальная установленная скорость движения поездов, км/ч;

R – радиус кривой в плане, м;

$a_{неп}$ – непогашенное ускорение, м/с^2 .

Согласно действующим нормам [2] при проектировании кривых участков железнодорожного пути минимальная круговая кривая должна быть не менее 20 м, которая, в свою очередь, сопрягается с прямыми участками посредством переходных кривых.

Предлагается исключить круговую кривую любой длины [7; 8], заменив ее на два переходных участка (клотоиды). Численные исследования по определению силового воздействия экипажа на путь с биклотоидным очертанием проводились путем моделирования движения экипажа в кривых участках в программном комплексе «Универсальный Механизм».

Для моделирования выбран скоростной электропоезд TGV, исходные данные приняты следующие: радиусы кривых R от 5000 м до 7000 м, непогашенное ускорение $a_{неп} = 0,4 \text{ м/с}^2$, скорости движения экипажа $V_{max} = 200 \text{ км/ч}$, и $V_{max} = 250 \text{ км/ч}$, шаг записи результатов 0,01 сек. В таблице 2 представлены средние параметры боковой силы F_y , Н

воздействия на путь в целом по кривым колесной пары для радиусов от 5000 м до 7000 м и скоростей движения экипажа 200 и 250 км/ч.

Таблица 2

Средние боковые силы, приходящиеся на колесную пару в зависимости от радиуса кривой и скорости движения экипажа

Радиус кривой, м	F_y (Н) при $V=200 \text{ км/ч}$ для		F_y (Н) при $V=250 \text{ км/ч}$ для	
	классическая кривая (КК)	биклотоидная кривая (БК)	классическая кривая (КК)	биклотоидная кривая (БК)
5000	61204	49023	61181	49592
5500	54204	42331	32965	25890
6000	34143	23314	24755	17193
6500	24932	15046	16053	9500
7000	15879	6909	10897	5803

Длины переходных кривых определяются на основе учета трех требований, указанных выше.

При линейном отводе возвышения наружного рельса [9] длина переходной кривой определится

по формуле: $l_1 = \frac{h}{i}$.

Для выполнения второго требования, скорость вертикального подъема колеса по отводу возвышения f не должна превышать нормативных значений. В этом случае длина переходной кривой определится по формуле (3):

$$l_2 = \frac{h \cdot V_{max}}{3,6 \cdot f}, \quad (3)$$

где l_2 – длина переходной кривой в соответствии со вторым требованием, м;

h – возвышение наружного рельса, мм;

V_{max} – максимальная скорость движения поездов в данной кривой, км/ч;

f – максимальная допустимая скорость подъема колеса по отводу возвышения, мм/с.

Для выполнения третьего условия, согласно [5], длина переходной кривой определится по формуле (4):

$$l_3 = \frac{a_{неп} \cdot V_{max}}{3,6 \cdot \psi}, \quad (4)$$

где l_3 – длина переходной кривой в соответствии с третьим требованием, м;

$a_{неп}$ – расчетное непогашенное ускорение в кривой, м/с^2 ;

V_{max} – максимальная скорость движения поездов в данной кривой, км/ч;

ψ – максимально допустимая скорость нарастания непогашенного ускорения, м/с^3 .

Из трех значений потребной длины переходной кривой (l_1, l_2, l_3), полученных по вышеприведенным формулам, необходимо принимать наибольшее значение.

Выводы

При проектировании высокоскоростных магистралей (ВСМ) целесообразно применять биклотоидное проектирование криволинейных участков железных дорог при существующей нормативной документации. Численные исследования по определению силового воздействия экипажа на путь путем моделирования движения экипажа в программном комплексе «Универсальный Механизм» показали, что средние параметры боковой силы F_y , H воздействия экипажа на путь для радиусов кривых от 5000 м до 7000 м и скоростей движения экипажа 200 и 250 км/ч на 18-56% меньше при биклотоидном проектировании по сравнению с классическими кривыми (табл. 3):

Таблица 3

Радиус кривой, м	F_y (Н) при $V=200$ км/ч	F_y (Н) при $V=250$ км/ч
	F_y (БК)/ F_y (КК)	F_y (БК)/ F_y (КК)
5000	0,80	0,81
5500	0,78	0,79
6000	0,68	0,69
6500	0,60	0,59
7000	0,44	0,53

Список литературы

1. Кантор И.И. *Высокоскоростные железнодорожные магистрали: трасса, подвижной состав, магнитный подвес: Учебное пособие для вузов ж.-д. трансп.* – М.: Маршрут, 2004. – 51 с.
2. *Строительно-технические нормы Министерства путей сообщения России СТН Ц-01-95.* – М.: Министерство путей сообщения, 1995. – 87 с.
3. *Технические требования и нормы проектирования высокоскоростной магистрали Санкт-Петербург – Москва на стадии ТЭО/МПС СССР.* – М., 1991. – 212 с.
4. Хлебников Ю.В., Козан А.Я., Шестаков В.Н. и др. *Локомотив для высокоскоростного пассажирского движения. // Железнодорожный транспорт.* – М., 1993. – Вып. 2. – С. 43–46.
5. Исаков А.Л., Матвиенко В.С. *Проектирование трассы и железнодорожного пути высокоскоростной железнодорожной магистрали: Учебно-методическое пособие к дипломному проектированию по специальности 271501 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей».* – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2012. – 109 с.
6. *Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации / МПС РФ.* – М.: Техинформ, 2000. – 190 с.
7. Аккерман Г.Л., Аккерман С.Г., Кравченко О.А. *Биклотоидное проектирование криволинейных участков железной дороги / Путь и путевое хозяйство, 2010.* – Вып. 10. – С. 28-30.
8. Кравченко О.А. *Оценка возможности применения клотоидного проектирования кривых участков пути на железной дороге // Транспорт-2011: Труды Всеросс. науч.-практ. конф.* – Ростов-н/Д.: Изд-во РГУПС, 2011. – Ч.3. Технические науки. – С. 230-233.
9. Аккерман Г. Л., Кравченко О.А. *Сравнительный анализ переходных кривых с прямолинейным и S-образным отводом возвышения // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения.* – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010. – Вып. 22. – С. 82-86.

КОНЦЕПЦИЯ КЛАСТЕРНО-МОДУЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

THE CONCEPT OF CLUSTER-MODULAR DEVELOPMENT OF TRANSPORT AND LOGISTICS AND INDUSTRIAL SYSTEMS KURGAN REGION

Ключевые слова: транспорт, кластер, рынок, логистика, концепция, структура.

Keywords: transport, cluster, market, logistics, concept, structure.

Аннотация

В статье рассматриваются структурные образования – кластеры. Показано, что в современных рыночных условиях в России локомотивами ускоренного роста экономики страны кластеры являются базой для зон опережающего развития.

Annotation

In the article the structural formation of clusters. It is shown that in modern market conditions in Russia are the locomotives of the accelerated economic growth of the country clusters are the basis for zones of advanced development.

Парышев Дмитрий Николаевич

ЗАО «Курганстальмост», Россия
генеральный директор,
действительный член РАТ,
contact@kurganstalmost.ru

Самуйлов Валерий Михайлович

Уральский государственный университет путей сообщения,
профессор, д-р техн.наук,
действительный член РАТ,
VSamuilov@usurt.ru
Фирстов Сергей Валерьевич
Вычислительный центр Свердловской
железной дороги,
главный инженер,
Уральский государственный университет
путей сообщения,
доцент, канд.техн.наук,
SFirstov@svrw.ru

Копырин Владимир Иванович

ЗАО «Курганстальмост», Россия
технический директор, канд.техн.наук,
contact@kurganstalmost.ru

Остапчук Александр Константинович
Курганский институт железнодорожного
транспорта, Россия
доцент, канд.техн.наук,
заведующий кафедрой ОПД,
uralakademia@mail.ru

Моисеев Олег Юрьевич
ООО «Мостпроект», Россия
генеральный директор,
mostproekt@kurganstalmost.ru
Харин Валерий Васильевич
Курганский институт железнодорожного
транспорта, Россия
зам. директора по научной работе и
инновационному развитию,
действительный член РАТ,
uralakademia@mail.ru

В современных условиях укрепления экономической самостоятельности регионов одним из важнейших направлений регионального экономического развития становится формирование эффективного рынка транспортных услуг. Транспорт как важнейшая составная часть рыночной инфраструктуры оказывает существенное влияние на динамичность и эффективность социально-экономического развития отдельных регионов и страны в целом, которое будет происходить преимущественно при возрастании значения транспортного фактора. По сравнению с другими отраслями экономики транспорт имеет ряд особенностей экономического, организационного и технического характера, которые должны учитываться при решении общих проблем формирования и управления рынком транспортных услуг.

Рынок транспортных услуг является одним из самых обширных и значимых подсистем региональной экономики. Устойчивое развитие рынка транспортных услуг является гарантией единства экономического пространства страны, свободного перемещения товаров и услуг, конкуренции и свободы экономической деятельности, обеспечения целостности государства и национальной безопасности, улучшения условий и уровня жизни населения.

Становится актуальным исследование проблем формирования и функционирования рынка транспортных услуг на уровне регионов как единой системы, взаимодействующей с региональным воспроизводственным процессом и обслуживающими его территориальными рынками, развивающейся на принципах самоорганизации и адаптации к меняющимся условиям.

Анализ существующего состояния региональных рынков транспортных услуг показывает, что их функционирование столкнулось с множеством проблем, которые не могут быть решены традиционными методами, на основе сложившихся дисциплинарных подходов. Функционирование современного рынка настолько сложно, и внешние условия изменяются так стремительно, что использование прежних методов управления не дает удовлетворительных результатов. Возникает необходимость разработки новых подходов и инструментов экономического управления развитием региональных рынков транспортных услуг в целях ускорения социально-экономического развития регионов и повышения эффективности функционирования их экономики.

Кластерная форма экономической интеграции промышленных предприятий на определенной тер-

ритории известна со времен ремесленного производства. Однако, только начиная с последней четверти XX века, промышленные кластеры начали проявлять себя как важный фактор развития экономики в условиях высокотехнологичных рынков. Регионы, на территории которых формируются кластеры, становятся лидерами экономического развития. Такие регионы-лидеры определяют сравнительную конкурентоспособность экономики страны.

Кластеры обеспечивают выполнение следующих основных логистических функций: обслуживание покупателей, транспортировка, управление запасами и дистрибуция.

Кластер в переводе с английского языка означает скопление. На практике это совокупность предприятий, связанных между собой в единую экономическую цепочку и взаимодополняющих друг друга, работающих по международным стандартам, выпускающих продукцию высокого международного качества и по международным ценам. [1]

Преимуществами кластерного подхода являются следующие аспекты функционирования:

Во-первых, кластеры имеют в своей основе сложившуюся устойчивую систему, которая опирается на четкую технологическую последовательность операций.

Во-вторых, предприятия кластера имеют дополнительные сравнительные преимущества за счет возможности осуществлять внутреннюю специализацию и стандартизацию, а также за счет активной инновационной политики.

В-третьих, специализированные предприятия кластера, функционирующие на основе договорных отношений, имеют возможность быстрой и адекватной реакции на возмущения, как во внешнем окружении, так и внутри него.

В-четвертых, развитие кластеров чрезвычайно важно для развития малого предпринимательства: они обеспечивают малым фирмам высокую степень специализации при обслуживании конкретной предпринимательской ниши, облегчают доступ к ресурсам.

По своей сущности логистический кластер является структурой, формируемой на основе кооперации самостоятельных предприятий в процессе создания продукции. При этом необходимо отметить, что масштабы подобных кластерных образований существенно зависят от специфики производства, обеспечивающего создание конечного продукта в каждом конкретном случае. Количество кластерных образований может быть весьма значительным, как и число предприятий, их составляющих. Каждый крупный кластер может представлять собой систему малых кластеров. Подобное иерархическое построение кластеров вызвано возможностью использования преимуществ модулей функционального соответствия различной агрегативности процессов, обеспечиваемых взаимодействием их элементов [2].

Модуль функционального соответствия (см. рис.1) отражает многофункциональные характери-

стики любого процесса в ходе научно-технического прогресса на единой методической основе, предполагающей наличие обратных связей от более сложной иерархии к более простой.

Агрегативность структур и процессов промышленных кластеров растет и сегментируется в ходе НТП с постепенным переходом от сырьевой модели развития на выпуск готовой более высокотехнологичной продукции. Например:

A1 - структурное подразделение «Курганстальмост», A2 - более сложная иерархия представляющая собой холдинг ЗАО «Курганстальмост», A3 – комплекс промышленных зон опережающего развития Курганской области. [3]

t1, t2, t3 – годы развития модулей функционального соответствия.

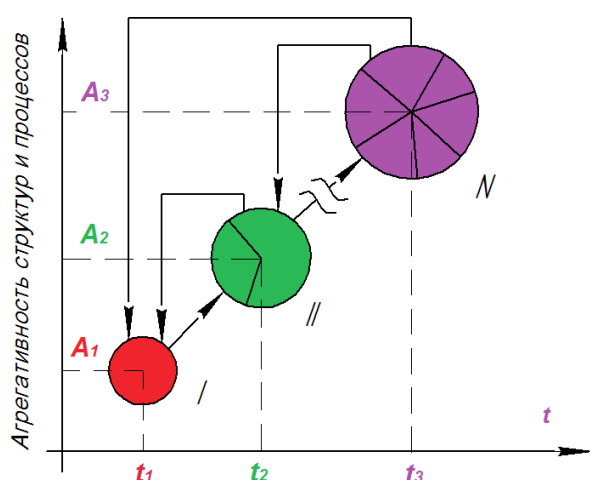


Рис. 1. Модули функционального соответствия для промышленных кластеров

Как было сказано выше, логистические кластеры обладают всеми преимуществами, которые дает интеграция на основе кооперационных взаимодействий самостоятельных специализированных компаний в его рамках, их генезисом являются следующие механизмы:

Затратно-распределительный механизм, позволяющий обеспечить оптимальное использование производственного потенциала всех компаний, участвующих в процессе кооперации на основе субподряда и аутсорсинга.

При этом возможно совместное использование информационных и производственных ресурсов в целях оптимизации затрат участников процесса кооперации.

Кредитно-кооперационный механизм, позволяющий использовать взаимное кредитование участников кластера, а также взаимные гарантии и поручительства в случае устойчивых долговременных кооперационных связей.

Информационный механизм предполагает формирование общего информационного пространства для обеспечения эффективных коммуникаций на строительной площадке [4].

На территории Курганской области предполага-

ется формировать территориальные промышленные кластеры, ориентированные на высокотехнологичные производства в приоритетных отраслях экономики УРФО - нефтехимии, металлургии, машиностроении, например, ЗАО «Курганстальмост» [5].

Курганская область имеет выгодное геоэкономическое положение в области транспортных коммуникаций с выходом на Транссибирскую железнодорожную магистраль, что позволяет создать крупный транспортно-логистический центр на ее территории [6].

Концепция кластерно-модульного развития промышленности и транспортно-логистических систем предполагает разработку алгоритмов функционирования модулей, имитационное моделирование в качестве механизма формирования функциональных модулей, разработку комплексных критериев жизненного цикла технологических процессов и установления системы частоты взаимосвязей между параметрами функционирования модулей в кластерах.

Список литературы

1. Голубева В.А. Кластерные промышленные системы как точки экономического роста. Проблемы организации и управления на транспорте / Сб. науч. тр. / Под ред. В.М. Самуйлова. – Екатеринбург: Изд-во УРГУПС, 2012.
2. Самуйлов В.М., и др. Региональная логистика. Монография. - М. 2010
3. Самуйлов В.М., Парышев Д.Н., Харин В.В., Неволлина А.Д. Роль зон опережающего развития Курганской области в дальнейшем прогрессе региона /Инновационный транспорт. 2014. № 2.
4. Самуйлов В.М., Фирстов С.В., Черных В.В. Информационная логистика. Моделирование процессного управления транспортно-логистическими цепочками: Учеб. пособие. – Екатеринбург: УРГУПС, 2011.
5. Стратегия социально-экономического развития Курганской области до 2020 года [утверждена распоряжением Правительства Курганской области от 2 декабря 2008 г. № 488-р]. - Курган-Москва, 2008. - 196 с.
6. Об итогах социально-экономического развития Курганской области за 2012г и приоритетных задачах на 2013г.: распоряжение Правительства Курганской области №73-Р от 25.03. 2013.

УДК 534.64, 629.12

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ СТАЛЬНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МАЛЫХ И СРЕДНИХ МОСТОВ С УЧЕТОМ КОРРОЗИОННОГО ПРОЦЕССА SAFETY ASSESSMENT SPANS SMALL AND MEDIUM BRIDGES, TAKING INTO ACCOUNT CORROSION PROCESS

Ключевые слова: Малые мосты; трубчатое пролетное строение; коррозионный износ; использование труб.

Keywords: Small bridges; tubular superstructure; corrosive wear; the use of pipes.

Аннотация

Рассматривается проблема обеспечения сохранности малых и средних мостов, пролетные строения которых выполнены с использованием старых труб. Эти трубы применялись в нефтяной и газовой промышленности. Приведены характерные конструкции пролетных строений из труб и фотографии мостов, выполненных из этих труб. Указаны основные дефекты конструктивных решений. Предложена методология прогнозирования поведения трубчатых пролетных строений мостов с учетом коррозионного износа.

Abstract

The problem of preservation of small and medium-sized bridges is considered. The bridge superstructures are made using the old pipes. The pipes were used in the oil and gas industry. Shows the characteristic of pipes superstructures and photographs of bridges made of these tubes. Shows the main defects of design solutions. The methodology of predicting the behavior of tubular bridge spans under corrosive wear a given.

Овчинников Илья Игоревич

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.,
доцент,
E-Mail: bridgeart@mail.ru

Парышев Дмитрий Николаевич

ЗАО «Курганстальмост», г. Курган,
генеральный директор,
действительный член РАТ

Миронов Максим Юрьевич

ОАО «Институт по проектированию объектов дорожного хозяйства Республики Татарстан "Татдорпроект"», г. Казань, главный инженер,
E-Mail: mironov@tatdor.com

Овчинников Игорь Георгиевич

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
д-р техн.наук, профессор,
действительный член РАТ
e-mail: bridgesar@mail.ru
Моисеев Олег Юрьевич
ООО «Мостпроект»,
генеральный директор,
e-mail: mostproekt@kurganstalmost.ru

Снегирев Геннадий Васильевич

Курганский институт железнодорожного транспорта, инженер,
e-mail: uralakademia@mail.ru

Черных Валентин Константинович

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., аспирант,
e-mail: mtt91@yandex.ru

В настоящее время на сети автомобильных дорог общего пользования РФ расположено значительное количество мостовых сооружений, построенных в 1960-1970-х годах по действовавшим

в то время нормам проектирования, и относящихся к категории малых и средних мостов [1]. С течением времени под действием эксплуатационных факторов происходит прогрессирующее ухудшение состояния этих мостов, причем целый ряд возникающих повреждений носит массовый характер - расстройство гидроизоляции и деформационных швов, размыв опор и устоев, выход из строя опорных частей и так далее. Но наиболее важным с точки зрения обеспечения грузоподъемности и долговечности является ухудшающееся состояние пролетных строений [2,3].

Анализ состояния мостового парка республика Татарстан показывает, что из более, чем тысячи автодорожных мостов 56,5 % построено из металла. Рисунок 1 иллюстрирует динамику сооружения мостов в республике Татарстан с пролетными строениями из разных материалов

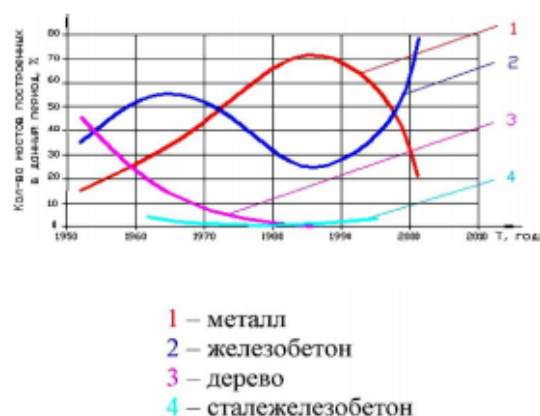


Рис. 1. Динамика сооружения мостов с пролетными строениями из разных материалов

Как видно, значительная часть мостов с металлическими пролетными строениями (84,5% - от общего их числа) была построена в период с 1970-1993 гг. Соотношение различных конструкций металлических пролетных строений малых и средних мостов представляется в следующем виде: пролетные строения в виде труб - 82%; различные сочетание двутавровых балок - 11%; различные фермы - 6%; остальное - 1% [4].

К сожалению, основой политики в области мостостроения, проводившейся в те годы, было стремление строить как можно больше, дешевле и быстрее. Тогда при проектировании и строительстве мостов уделялось недостаточное внимание решению проблем, связанных с будущей эксплуатацией сооружений. Поэтому к настоящему времени существует необходимость в реконструкции и ремонте многих малых и средних мостов. Для более эффективной организации этих работ необходим и прочностной мониторинг и тщательный инженерный анализ конструкций таких мостов [5, 6].

По характеру конструктивного решения металлических пролетных строений малых и средних мостов их можно условно разделить на 5 групп.

1 группа. Пролетное строение выполнено в виде

балочно-разрезной схемы с использованием двутавровых балок (рис. 2). Количество балок в поперечном сечении 2-7, балки имеют сплошную стенку толщиной 10-18 мм и параллельные пояса толщиной 40 – 60 мм, ширина поясов по длине может меняться, имеются вертикальные и горизонтальные ребра жесткости. Длина пролетов в интервале 6,5 – 44,0 м.

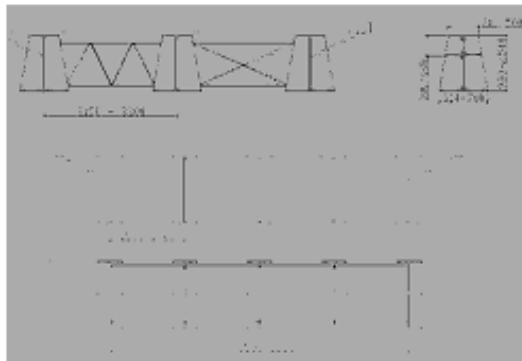


Рис. 2. Балочная разрезная схема. Двутавровые балки

2 группа. Пролетные строения выполнены по разрезной схеме и состоят из ферм, собранных из прокатных профилей (рис.3). Фермы с крестовой решеткой, объединены поперечными горизонтальными и вертикальными связями из парных уголков. Соединение элементов ферм – электросварное.

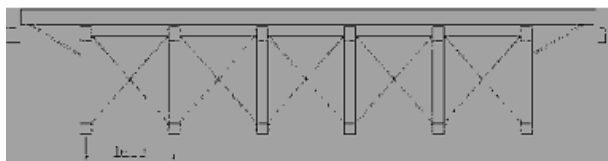


Рис. 3. Разрезная схема. Фермы из прокатных профилей

3 группа. Пролетные строения представляют собой балочную конструкцию из 3 модифицированных трубчатых балок (рис. 4). Растянутая и сжатая зоны балок усилены уголками. Длина пролетов в интервале 10,2 – 27,0 м. Запроектированы СКБ «Гидромонтаж» и СКБ «Гермес». Сечение труб диаметром 1220 мм разбито по высоте с использованием вставок металлических листов высотой 750 мм.

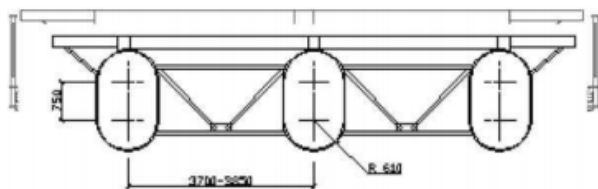


Рис. 4. Балочная конструкция из 3 модифицированных трубчатых балок

4 группа. Сюда относятся балочные пролетные строения из труб со шпренгелями в виде ферм так-

же из стальных труб, но меньшего диаметра (рис.5). Шпренгельные фермы с крестовой решеткой, трубчатыми поясами. Раскосы ферм как трубчатые, так и из уголков. Соединение элементов ферм – электросварное.

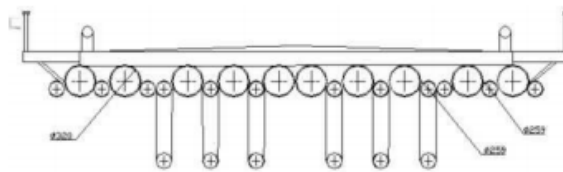


Рис. 5. Балочная конструкция со шпренгелями в виде ферм из стальных труб

5 группа. Пролетные строения балочные из одинарного или двойного ряда стальных труб (рис. 6). Количество труб в пролетном строении от 4 до 9, пролеты длиной от 3,2 до 15,2 м. Годы постройки – 1950-1970. Проезжая часть может быть из деревянного настила. Если трубы уложены вплотную в два яруса, то количество труб может составлять от 14 до 23.

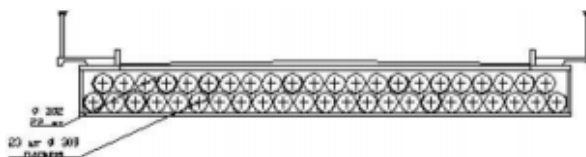


Рис. 6. Балочная конструкция из одинарного или двойного ряда стальных труб

Разновидное применение стальных труб в качестве несущих элементов пролетных строений мостов с одной стороны сэкономило дефицитные двутавровые балки и покрывало потребность в мостах для тех лет, но, с другой стороны, применение труб приводило к значительному перерасходу металла из-за неэффективного его использования при работе конструкций пролетных строений на изгиб. Ниже для иллюстрации приведены фотографии ряда мостовых сооружений, пролетные строения которых выполнены с использованием старогодных труб.



а)



б)

Рис. 7. Мост с использованием труб на автодороге Казань-Киров км 125+771;
а) общий вид моста, б) трубчатое пролетное строение



а)



б)

Рис. 8. Мост с использованием труб на автодороге Казань-Киров км 123+684;
а) общий вид моста, б) труба, усиленная уголками.



а)



б)

Рис. 9. Мост с неразрезным трубчатым пролетным строением на автодороге Казань-Киров км 104+752;
а) общий вид моста, б) конструкция пролетного строения



а)



б)

Рис. 10. Мост с использованием труб на автодороге Казань-Киров км 116+440;
а) общий вид моста, б) конструкция пролетного строения и зоны опирания



а)



б)

Рис. 11. Конструкция трубчатого моста через реку Бавлы



*Рис. 12. Общий вид моста через реку Мишуга у н.п. Чупаево на автомобильной дороге
Нов. Айманово – Атрякле – Калтаково – Филимоновка*



*Рис. 13. Общий вид моста через реку Мишуга у н.п. Атрякле на автомобильной дороге
Нов. Айманово – Атрякле – Калтаково – Филимоновка*

Кроме того, в процессе эксплуатации развитая поверхность контакта трубчатых пролетных строений с эксплуатационной средой и отсутствие эффективных мер противокоррозионной защиты приводили к значительным коррозионным потерям в пролетных строениях из труб.

На многих пролетных строениях нарушена окраска балок и произошла коррозия их поверхности (10-40%), особенно нижней поверхности крайних балок, от протечек. Трубчатые балки не герметичны, увлажнение внутренних поверхностей трубчатых балок конденсатом и отсутствие проветривания усиливает их коррозию. Скопление влаги в мешках, образующихся в середине балок в результате их прогиба, усугубляет этот процесс. То же самое происходит в полостях, образуемых между наружной поверхностью балок и уголками усиления.

Все это приводит к снижению долговечности конструкции.

Как показали предварительные поверочные расчеты, сечения балок пролетных строений из труб были подобраны без учета совместной работы с железобетонными плитами проезжей части, то есть по виду являясь сталежелезобетонными, они работали как металлические пролетные строения с накладной железобетонной плитой проезжей части, не включенной в совместную работу. Превращение этих конструкций в сталежелезобетонные существенно повысит их прочность, жесткость и долговечность, что может существенно улучшить техническое состояние мостов. Желательно также предусмотреть домкратные балки, служащие одновременно поперечными связями-распорками, способствующими выравнивать напряжения под опорными частями.

Так как многие мостовые конструкции с использованием труб длительное время эксплуатировались в условиях совместного воздействия нагрузок и коррозионных сред, то это привело к значительному изменению их геометрических характеристик.

Ввиду невозможности замены этих конструкций (по экономическим или иным соображениям), возникает важная и интересная задача оценки их действительного напряженно-деформированного состояния с учетом происшедших за время эксплуатации изменений с тем, чтобы оценить возможность их дальнейшей безаварийной эксплуатации и определить необходимость принятия превентивных мер (защита, усиление). Учет воздействия эксплуатационных сред на конструкции позволит обеспечить более безопасный режим эксплуатации и предупредить возможное наступление аварийных ситуаций.

При проведении обследований мостов с пролетными строениями из труб были выявлены повреждения, основной причиной появления которых является коррозионный износ. Процесс коррозии металла связан с влажностью воздуха, темпера-

турой и составом атмосферы, длительностью увлажнения металла, загрязнением воздуха агрессивными компонентами в промышленных районах. Коррозия приводит к изменению сечений элементов, механических характеристик материала, что может привести к снижению несущей способности, потере устойчивости элементов конструкций и, в конечном счете, к снижению грузоподъемности и сокращению долговечности мостовых сооружений. Рассмотрим задачу расчета трубчатых мостовых конструкций, подвергающихся коррозионному износу на примере пролетного строения на рис.14.

Характерная конструкция пролетного строения представляет собой три отдельные стальные балки из труб $D=820-1420$ мм и длиной 10.2-27.0 м. Расстояние между осями балок от 3.61-4.07 м. Запроектированы и построены они были в 1977-1993 г.

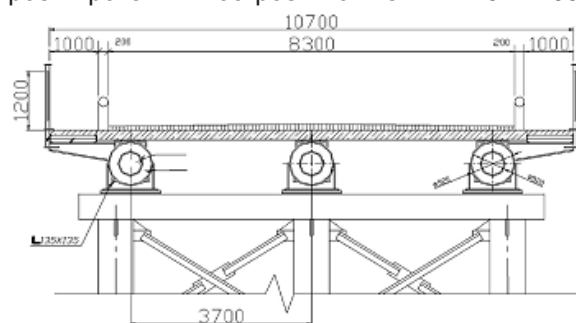


Рис. 14. Пролетное строение

При обследовании таких мостов наблюдались различные повреждения. Основное повреждение – коррозия, на многих мостах указания по необходимой защите конструкции отсутствовали в проекте, в реальности антикоррозионная защита выполнялась в 1 слой по 1 слою грунта, из атмосферостойких составов, дающих тонкую, легкоотслаивающуюся пленку, что недостаточно. Конструкция таких балок не рациональна по ряду причин: неэффективное использование металла, по сравнению с тавровыми балками; сложная эксплуатация, очистка и окрашивание некоторых поверхностей недоступно; для усиления таких балок необходимо разрабатывать специальные схемы и конструкции и др.

По многим причинам такие конструкции пролетных строений перестали использовать, но до сих пор находятся в эксплуатации большое количество таких мостов. Поэтому определение потери несущей способности конструкций, грузоподъемности и остаточного ресурса и моделирование поведения элементов таких конструкций является важной задачей.

Математическое моделирование коррозионного разрушения материалов основывается на экспериментальных данных, полученных в натурных условиях, и сводится к математическому описанию процесса изменения во времени некоторых параметров, характеризующих степень коррозионного поражения конструкции. В качестве таких параметров обычно используют глубину коррозион-

ного поражения d , потерю массы G , изменение площади поперечного сечения конструкции A и другие. Следует отметить, что целью математического моделирования (в частности, коррозионного износа), всегда является прогнозирование изучаемого процесса, т.е. определение будущих значений параметров состояния по фактическим данным, полученным на первоначальном участке времени.

Наибольшее распространение имеют два вида параметров коррозионной поврежденности конструкций, которые к тому же оказываются наиболее приемлемыми для расчета стержневых элементов конструкций с учетом коррозионного разрушения [7]. Это параметр непрерывной коррозионной поврежденности ψ и глубина коррозионного поражения конструктивного элемента d [8]. Для параметра d существует много различных моделей [9]. Следует отметить, что разные модели коррозионного износа сечения дают различную степень потери несущей площади стальной балки и требуют оценки корректности применения для каждого конкретного случая.

Экспериментальные данные свидетельствуют, что в действительности за слоем сплошного коррозионного износа практически всегда имеется частично разрушенный слой, несущая способность которого убывает по мере приближения к поверхности конструкции. Для того чтобы учесть эту неоднородность коррозионного поражения по глубине армирующего элемента, предлагается характеризовать степень поврежденности материала в точке вследствие коррозионного воздействия среды параметром коррозионной поврежденности ψ , изменяющимся от 1 в начальный момент времени, до 0 при полном коррозионном разрушении материала в данной точке. Кинетическое уравнение для ψ в ряде случаев имеет форму уравнения массопереноса:

$$\frac{\psi}{dt} = -\text{div}(B \text{grad} \psi), \quad (1)$$

где B – коэффициент, характеризующий коррозионное сопротивление материала; t – время. Чем меньше значение коэффициента коррозионной податливости B , тем выше коррозионная стойкость материала.

Коррозионное разрушение начинается с поверхности и приводит к постепенному ослаблению сечения, вызывая, в конечном счете. Изменение напряженно-деформированного состояния. Влияние коррозионного разрушения на поведение конструктивных элементов можно учесть, если интерпретировать ψ как сплошность материала в точке конструкции.

Во многих случаях глубина слоя, подвергающегося коррозионному разрыхлению, невелика и, поэтому, элемент конструкции можно приближенно рассмотреть как полуограниченное тело. При этом, решая уравнение (1) для одномерного случая при граничных условиях $\psi(z, 0) = 1$;

$$\psi(0, t) = 0; \quad \frac{d\psi(\infty, t)}{dz} = 0 \quad \text{— где } z \text{ — координата,}$$

отсчитываемая от поверхности вглубь конструктивного элемента, и $B = \text{const}$, получим следующий закон распределения параметра ψ :

$$\psi(z, t) = \text{erf}\left(\frac{z}{2\sqrt{Bt}}\right) \quad (2)$$

Для идентификации модели коррозионного поражения стали необходимо знать (или определить экспериментальным путем) значение коэффициента B , характеризующего коррозионное сопротивление материала. Экспериментальные данные по коррозии сталей в большинстве случаев представляют данные о глубине коррозионного износа δ после различных периодов экспозиции.

Учесть влияние коррозионного поражения стальной балки можно несколькими способами, во-первых, принимая, что коррозионное разрыхление оказывает влияние на процесс деформирования нелинейно-упругого материала. Предполагается, что коррозионное разрыхление приводит к изменению диаграммы деформирования материала, то есть:

$$\sigma = \varphi(\varepsilon) \cdot \xi(\varphi), \quad (3)$$

где σ напряжение, ε деформация, φ и ξ функции, аппроксимирующие диаграмму деформирования и зависимость этой диаграммы от параметра сплошности.

Однако, экспериментальные данные свидетельствуют, что воздействие агрессивной среды достаточно мало сказывается на характере кривой деформирования образцов ненапрягаемой стали. Поэтому влияние коррозии на работу армирующего элемента обычно учитывают через уменьшение его площади поперечного сечения.

В случае применения модели (1), описывающей потерю сплошности материала в каждой точке сечения в результате коррозии, текущая площадь коррозирующего сечения определяется выражением:

$$A(t) = \int_x \int_y \psi(x, y, t) dx dy. \quad (4)$$

Данная модель коррозионного поражения может применяться при численном расчете конструкции при дискретизации сечения конструктивного элемента.

При применении моделей коррозии с четким фронтом коррозионного износа, также необходимо для расчета конструкции перейти от текущей глубины коррозии к рабочей площади поперечного сечения стальной трубчатой балки. Анализ экспериментальных данных и результатов натурных обследований свидетельствует о том, что возможны различные виды коррозионного поражения стальной балки под воздействием среды. Наиболее часто встречаются следующие виды коррозионного износа, или различное сочетание этих видов (рис. 15).

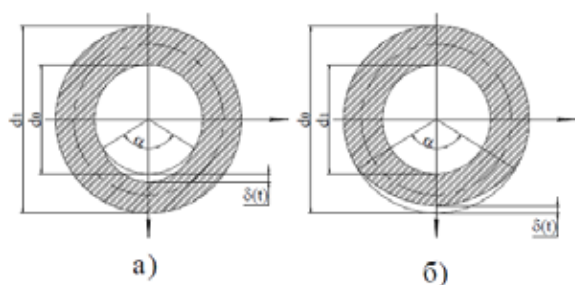


Рис. 15. Виды коррозионного износа стальной трубчатой балки: а - локальный серповидный с внутренней стороны балки; б - локальный серповидный с внешней стороны балки.

1) Серповидная коррозия с внутренней стороны, объясняется тем, что часто из-за отсутствия доступа внутрь трубы, внутренняя поверхность не окрашивается. Хотя трубчатые балки не герметичны, увлажнение внутренних поверхностей трубчатых балок конденсатом и отсутствие проветривания усиливает их коррозию. Скопление влаги в мешках, образующихся в середине балок в результате их прогиба, усугубляет этот процесс. В этом случае текущая площадь стальной трубчатой балки:

$$A(t) = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2) - \frac{(d_0 + \delta(t))^2}{2} \cdot \left(\frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{d_0^2}{8} \cdot (\alpha - \sin \alpha), \dots \quad (5)$$

где $\alpha = 4 \arccos \left(1 - \frac{\delta(t)}{d_0} \right)$, d_1 и d_0 –

наружный и внутренний диаметры трубы.

2) Серповидная коррозия с внешней стороны, объясняется тем, что вследствие не удовлетворительного состояния гидроизоляции вода проникает через плиту проезжей части и попадает на несущие балки, интенсивно корродирует нижняя поверхность крайних балок. Отслоение или отсутствие краски усиливает этот процесс. В этом случае текущая площадь стальной трубчатой балки:

$$A(t) = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2) - \frac{d_0^2}{8} \cdot (\alpha - \sin \alpha) + \frac{(d_0 + \delta(t))^2}{2} \cdot \left(\frac{\alpha}{2} - \sin \frac{\alpha}{2} \right) \quad (6)$$

Под влиянием неравномерного коррозионного износа толщина и радиус средней линии кольцевого сечения трубопровода изменяются, это может привести к изменению расчетной схемы балки пролетного строения.

Переменный радиус средней линии сечения $R^t(\varphi)$, зависящий от степени коррозионного из-

носа и различный для разных точек средней линии можно выразить следующим образом.

$$R^t(\varphi) = R_0 + 1/2[\delta_2^t(\varphi) - \delta_1^t(\varphi)]$$

Переменная толщина кольцевого сечения, также неравномерная по периметру сечения:

$$h^t(\varphi) = h_0 - \delta_1^t(\varphi) - \delta_2^t(\varphi)$$

где R_0 , h_0 – начальные значения радиуса и толщины кольцевого сечения, $\delta_1^t(\varphi)$, $\delta_2^t(\varphi)$ – величина коррозионного износа соответственно на внутренней и наружной поверхностях трубы в момент времени t в точке с угловой координатой φ .

Площадь элементарной части поперечного сечения трубы равна:

$$dA^t = h^t(\varphi) \cdot R^t(\varphi) \cdot d\varphi,$$

а площадь кольцевого сечения переменной толщины:

$$A^t = \int_0^{2\pi} h^t(\varphi) \cdot R^t(\varphi) d\varphi = \int_0^{2\pi} (h_0 - \delta_1^t - \delta_2^t) \cdot \left(R - \frac{\delta_2^t - \delta_1^t}{2} \right) d\varphi$$

Здесь и далее подразумевается зависимость величин h^t , R^t , δ_2^t , δ_1^t от угла φ . Статические моменты площади:

$$S_z^t = \int_0^{2\pi} y^t dA^t = (R^t)^2 h^t \sin \varphi d\varphi,$$

$$S_e^t = \int_0^{2\pi} z^t dA^t = (R^t)^2 h^t \sin \varphi d\varphi,$$

Координаты нового центра тяжести сечения z_0^t , y_0^t , определяются по известным формулам:

$$z_0^t = \frac{S_y^t}{A^t}, \quad y_0^t = \frac{S_z^t}{A^t}.$$

Осевые и центробежный моменты инерции относительно осей Oz и Oy запишутся:

$$J_z^t = \int_0^{2\pi} (y^t)^2 dA^t = \int_0^{2\pi} (R^t)^3 h^t \sin^2 \varphi d\varphi,$$

$$J_y^t = \int_0^{2\pi} (z^t)^2 dA^t = \int_0^{2\pi} (R^t)^3 h^t \cos^2 \varphi d\varphi,$$

$$J_{zy}^t = \int_0^{2\pi} y^t z^t dA^t = \int_0^{2\pi} (R^t)^3 h^t \sin \varphi \cos \varphi d\varphi,$$

Анализ экспериментальных данных по кинетике коррозионного износа трубопроводных конструк-

ций показывает, что коррозионный износ обычно симметрично ориентирован относительно вертикальной оси сечения трубопровода, поэтому можно считать, что главные оси корродирующего поперечного сечения трубопровода остаются соответственно вертикальными и горизонтальными, а положение центра тяжести сечения практически не изменяется.

Вследствие коррозионного износа положение опасного сечения по длине пролетного строения может меняться, а поэтому нужно учитывать изменение коррозионного износа не только по контуру, но и по длине балок пролетного строения. Использование геометрических характеристик позволит в дальнейшем построить модель прогнозирования несущей способности трубчатой стальной балки пролетного строения моста.

Дальнейшее развитие в оценке коррозионного износа трубчатых балок металлических пролетных строений автодорожных мостов будет учитывать: совместное действие нагрузки и коррозионной среды, поведение конструкций с учетом работы защитных покрытий, образование и прораствание коррозионных трещин, локальные коррозионные поражения. Это позволит в более полной мере прогнозировать изменение несущей способности элементов конструкций трубчатых балок и в целом металлических пролетных строений автодорожных мостов.

Вывод

Результаты проведенного анализа позволяют заключить, что имеется ряд интересных и важных задач по прогнозированию поведения трубчатых мостовых конструкций в условиях коррозионного износа, по разработке способов и схем усиления существующих пролетных строений с возможно более полным использованием примененных инженерных решений, а также задача обеспечения их эффективной защиты от агрессивного воздействия окружающей среды [10].

Список используемых источников:

1. Ефимов П.П., Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Скачков Ю.П. Развитие технических нормативов, используемых при проектировании и строительстве мостовых сооружений: Учебное пособие. – Пенза. 2002. – 96 с.
2. Овчинников И.Г., Овчинников И.И. Анализ причин аварий и повреждений транспортных сооружений // Транспортное строительство. – М. 2010. – №7. – С. 2-5.
3. Распоров О.Н., Овчинников И.Г., Удалов В.Н. Мосты малые – проблемы большие // Дороги России 21 века. 2009, №5. – С. 54-56.
4. Овчинников И.Г., Пискунов А.А., Миронов М.Ю. Анализ конструктивных решений малых и средних мостов с металлическим пролетным строением // Надежность и долговечность строительных материалов и конструкций. Ч. 1.: Мат. III Междунар. науч.-техн. конф. – Волгоград. 2003. – С. 99-103.
5. Овчинников И.Г. Прочностной мониторинг мостовых сооружений // Автомобильные дороги 1995, №7 – 8.
6. Овчинников И.Г. Вопросы обследования и оценки состояния эксплуатируемых мостовых сооружений (статья) // Проблемы развития транспортных коммуникаций. Проектирование, строительство, эксплуатация. Научно-технический альманах. – 1996. – №2. – С.26-29
7. Межнякова А.В., Овчинников И.Г. Методы оценки

долговечности армированных конструкций при действии нагрузок и агрессивных сред // Промышленное и гражданское строительство. – №8. – 2008. – С. 54 – 55.

8. Овчинников И.Г., Почтман М.Ю. Тонкостенные конструкции в условиях коррозионного износа. Расчет и оптимизация: Монография. – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1995. – 192 с.

9. Овчинников И.Г., Наумова Г.А. Расчеты на прочность сложных стержневых и трубопроводных конструкций с учетом коррозионных повреждений. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2000. – 227 с.

10. Овчинников И.Г., Дудкин Е.В. Проблемы антикоррозионной защиты мостовых сооружений // Мир дорог. №62. август 2012. – С. 37-38.

УДК 66-9

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ

DEVELOPMENT OF DEVICES AND ALGORITHMS PROCESS CONTROL

Ключевые слова: алгоритм, технологический процесс, корреляционная зависимость, компьютерная программа, устройство.

Keywords: algorithm, process, correlation, a computer program, your device.

Аннотация

В данной статье показан разработанный алгоритм построения корреляционной функции основной модели. Исходными данными для функционирования данного алгоритма являются параметры шероховатости поверхности. В качестве подсистемы адаптивной системы управления, позволяющей оценивать шероховатость поверхности и износ инструмента в процессе обработки, используется устройство для контроля процесса резания, спроектированное на основе полученных зависимостей.

Annotation

This article describes the algorithm of constructing correlation functions of the main model. The initial data for the functioning of this algorithm are the parameters of surface roughness. As a subsystem of the adaptive control system, allowing to estimate the surface roughness and tool wear in the process, you use the device for the control of the cutting process, designed on the basis of the obtained dependencies.

Остапчук Александр Константинович
Курганский институт железнодорожного транспорта, Россия,
доцент, канд.техн.наук, заведующий
кафедрой ОПД, uralakademia@mail.ru
Шашков Алексей Игоревич
Курганский институт железнодорожного транспорта, Россия,
аспирант

Тютнев Александр Евгеньевич
Курганский институт железнодорожного
транспорта, Россия
аспирант

Михалищев Александр Геннадьевич
Курганский институт железнодорожного
транспорта, Россия
аспирант

Для управления типовым технологическим процессом из большого числа методов, одним из наиболее приемлемых представляется адаптивное управление с идентификатором. Особенностью метода является наличие идентификатора, на вход которого поступает информация о текущих значениях выходного параметра y , возмущения f и управляющего воздействия U . С выхода идентификатора поступает корректирующее воздействие K , в соответствии с текущим значением которого может быть выбрано управляющее воздействие U .

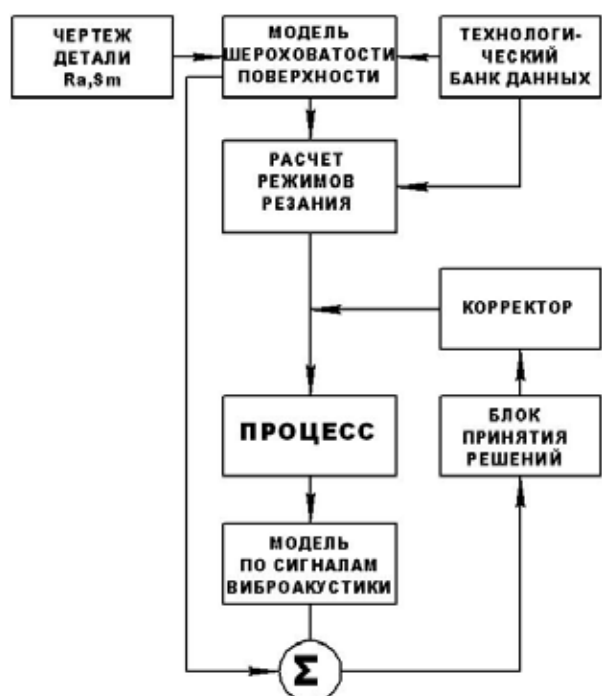


Рис. 1. Блок-схема адаптивной системы управления по сигналам виброакустики

Приведенная на рис. 1 блок-схема представляет собой вариант адаптивной системы управления (АСУ). Источником информации для адаптивной системы является преобразователь вибраций, который обеспечивает на выходе сигнал о вибрациях, происходящих в технологической системе. Адаптивная система включает в себя пять основных модулей: модуль “Модель шероховатости поверхности”, модуль расчета режимов резания, модуль построения текущей модели по сигналам виброакустики, блок принятия решений.

Модуль “Модель шероховатости поверхности” предназначен для расчета корреляционной функции требуемого профиля поверхности, которая является моделью для управления процессом резания.

На рис. 2 представлен алгоритм построения корреляционной функции основной модели. Исходными данными для функционирования данного алгоритма являются параметры шероховатости поверхности Ra , Sm , регламентируемые чертежом детали.

Методика построения математической модели профиля шероховатости поверхности сводится к следующему:

- исходя из служебного назначения детали и требовании чертежа (Ra , Sm), определяется максимально допустимая подача, т.к. производительность обработки в большей мере зависит от подачи:

$$Ra = 0.6276 + 8.12241S$$

- по найденному значению, подачи, задаваясь радиусом вершины инструмента, с помощью зависимости $A = S^2/8r$ рассчитывается ожидаемая дисперсия случайной составляющей:

$$D\gamma = Rq^2 - 0.5A^2$$

- определяется уровень случайной компоненты:

$$\gamma = \frac{D\gamma}{Rq^2}$$

- исходя из расчетного уровня случайной составляющей, определяется скорость резания:

$$\gamma = 0.912 - 0.0075V + 0.0000409V^2$$

- по назначенной подаче, среднему шагу Sm , назначенному чертежом детали, и уровню случайной компоненты профиля γ , по зависимости (2.35) определяется коэффициент затухания корреляционной функции b ;

- по формуле (2.29) рассчитывается шаг корреляции ϕ ;

- рассчитывается теоретическая корреляционная функция по формуле (2.38) или (2.28) в зависимости от величины и определяются ее границы исходя из предельных значений величин Ra и Sm ;

- вывод на печать корреляционной функции основной модели и ее параметров.

По данному алгоритму разработана и зарегистрирована на отраслевом и государственном уровне компьютерная программа «Построение корреляционной модели шероховатости поверхности».

Блок вывода технологических режимов резания служит для расчета режимов резания, учитывая наложенные ограничения.

В качестве критерия оптимальности для определения режимов резания, принимается себестоимость обработки. Технологическая себестоимость выполнения операции, зависящая от условий обработки, определяется по формуле:

$$C_{\text{ТЕХ}} = B \times t_M = B \times \frac{T_{\text{CM}}}{T} + \frac{\Gamma}{T} \times t_M$$

где B – полная себестоимость 1 мин работы станка и станочника без затрат на режущий инструмент руб/ст. мин;

t_M – машинное время обработки, мин;

$T_{см}$ – время смены инструмента, мин;
 Γ – годовые затраты, обусловленные эксплуатацией режущего инструмента за период его стойкости T между переточками, руб/мин.

Период стойкости, обеспечивающий минимальную себестоимость:

$$T = \left(\frac{1-m}{m} \right) \times \left(T_{см} + \frac{\Gamma}{B} \right)$$

где m – показатель относительной стойкости

Себестоимость операции тем меньше, чем меньше машинное время обработки данной детали. Современные ЭВМ позволяют использовать точные методы расчета режимов резания с учетом налагаемых ограничений.

В качестве факторов, ограничивающих режимы резания, при чистовом точении принимаются следующие:

- ограничения по максимальной и минимальной частоте вращения шпинделя допустимой кинематикой станка:

$$n_{min} \leq n \leq n_{max}$$

- ограничения по максимальной и минимальной подаче:

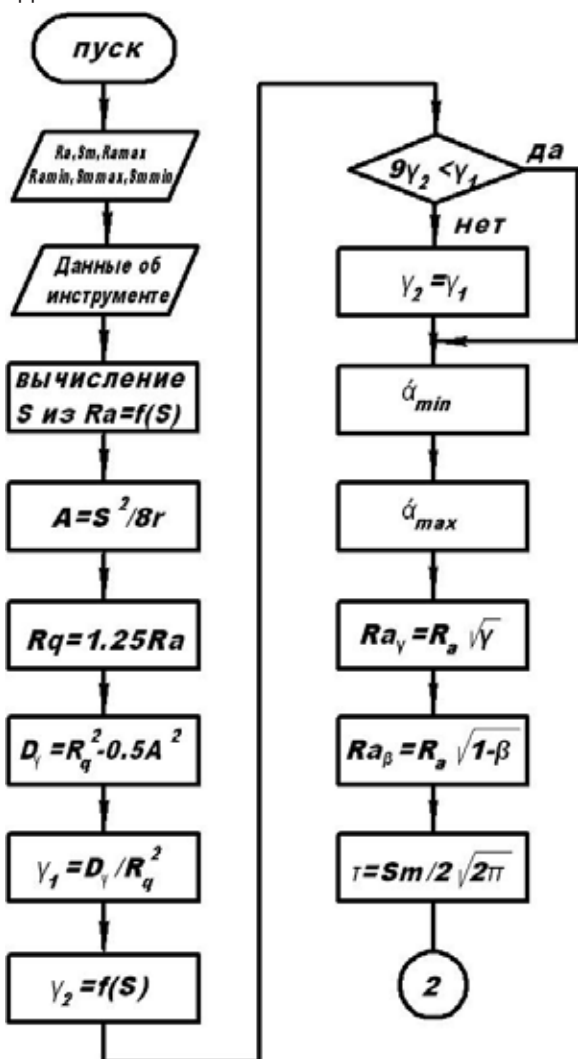


Рис. 2. Алгоритм построения основной модели шероховатости поверхности

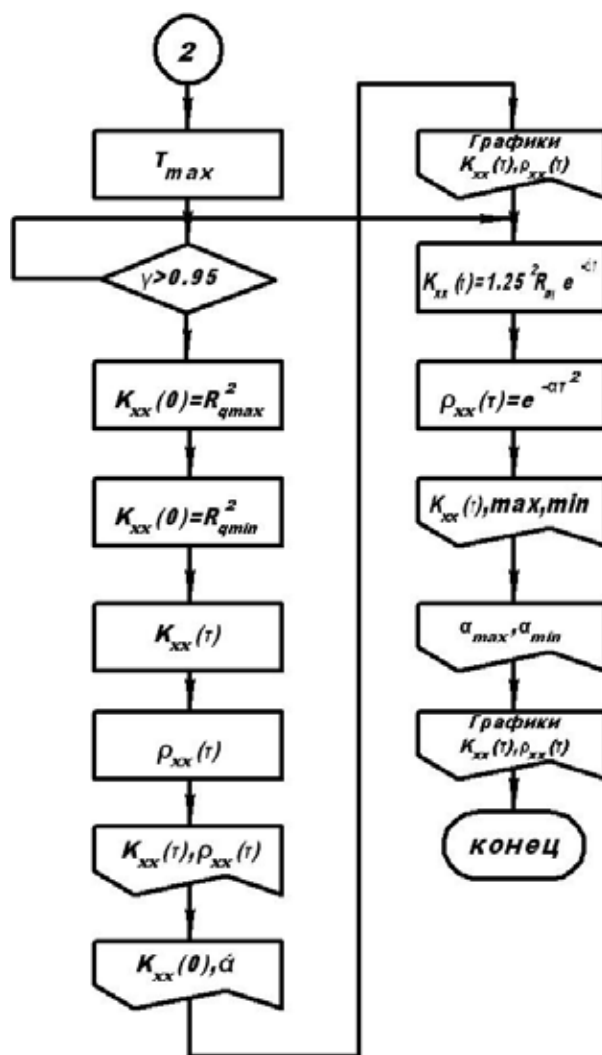


Рис. 2. продолжение

$$S_{min} \leq S \leq S_{max}$$

- ограничения по заданной производительности:

$$S \times n \geq L \times R / (60 \times K_3 - T_{ви} R)$$

где R - заданная производительность станка, L - длина рабочего хода, мм;

K_3 - коэффициент загрузки станка.

В качестве подсистемы адаптивной системы управления, объединяющей модули "Построение модели по сигналам виброакустики" и "Блок принятия решений", позволяющей оценивать шероховатость поверхности и износ инструмента в процессе обработки, используется устройство для контроля процесса резания, спроектированное на основе полученных зависимостей.

Устройство выполнено в виде отдельного программно-аппаратного комплекса, подключаемого к системе ЧПУ. Алгоритмы функционирования устройства (рис. 3 и рис. 4) реализованы аппаратно-программным способом. Программным способом реализован алгоритм принятия решения в зависимости от состояния компараторов устройства (рис. 5), расчет математической модели, оценка шероховатости поверхности, сравнение теоретической

и реальной шероховатос-тей поверхности. Программная поддержка размещается в энерго-независимой области памяти СЧПУ. Предполагается для всех расчетов использовать процессор системы. Аппаратная часть устройства выполнена в виде модуля, эксплуатация которого не требует сложного ремонта СЧПУ. Для оценки шероховатости поверхности в процессе обработки используется алгоритм, приведенный на рис. 3.

На начальном этапе функционирования алгоритма, по сигналам виброакустики необходимо получить такие его характеристики, как мощность (или дисперсия) и автокорреляционная функция вибросигнала. Наиболее целесообразно эти величины получать аппаратным способом для повышения быстродействия устройства, т.к. для расчета требуется большой объем вычислений. Следующим этапом работы алгоритма является расчет величины $Ra\gamma$ исходя из мощности вибросигнала $S5N$.

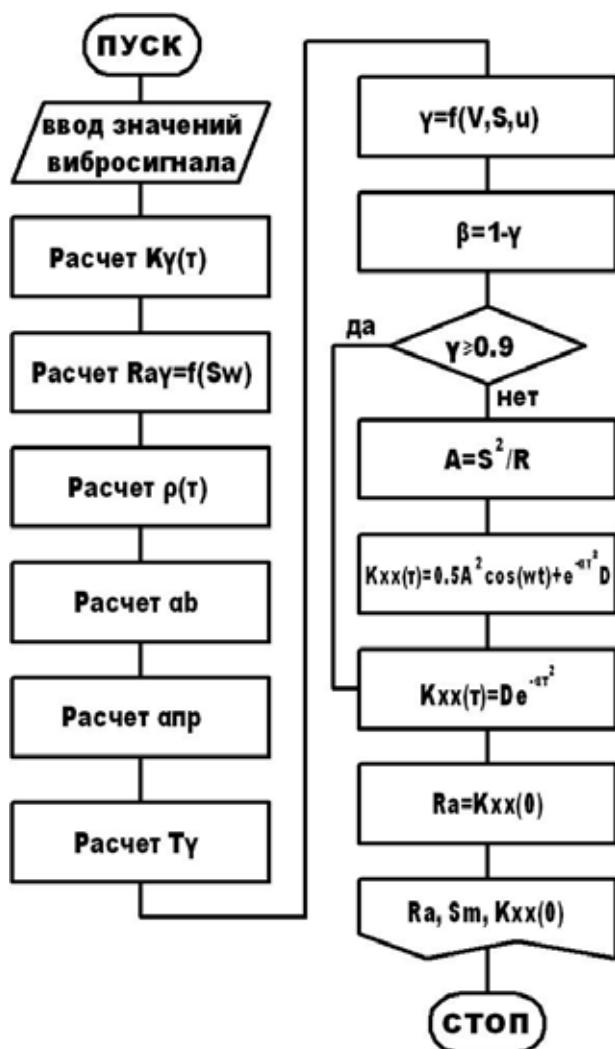


Рис. 3. Алгоритм оценки шероховатости поверхности

При изменении скорости резания уравнение регрессии имеет вид:

$$Ra\gamma = 0.26 + 0.0599S\omega - 6.27 \times 10^{-6} S\omega^2$$

При изменении подачи:

$$Ra\gamma = 0.684 + 0.00265S\omega$$

При изменении износа инструмента:

$$Ra\gamma = 0.3257 + 0.0034S\omega$$

Блок 5 алгоритма предназначен для расчета коэффициента затухания b_v автокорреляционной функции вибросигнала, которая аппроксимирована выражением:

$$Kxx(\tau) = e^{-\alpha\tau^2}$$

Дальнейшая работа алгоритма предусматривает расчет таких характеристик, как $T\gamma$ и g . Исходя из величины g расчет корреляционной функции производится по выражениям:

$$Kxx(\tau) = (1 - \gamma) \times 0.5 \times A^2 \times \cos \frac{2\pi}{S} + \gamma \times S\omega \times e^{-\alpha\tau^2} \quad \text{при } \gamma < 0.9$$

$$Kxx(\tau) = S\omega \times e^{-\alpha\tau^2} \quad \text{при } \gamma > 0.9$$

Из полученной корреляционной функции определяется такие параметры шероховатости поверхности, как среднее арифметическое отклонение Ra , средний шаг высот неровностей Sm . Исходя из требований чертежа и с учетом экономических границ, рассчитываются пределы регулирования.

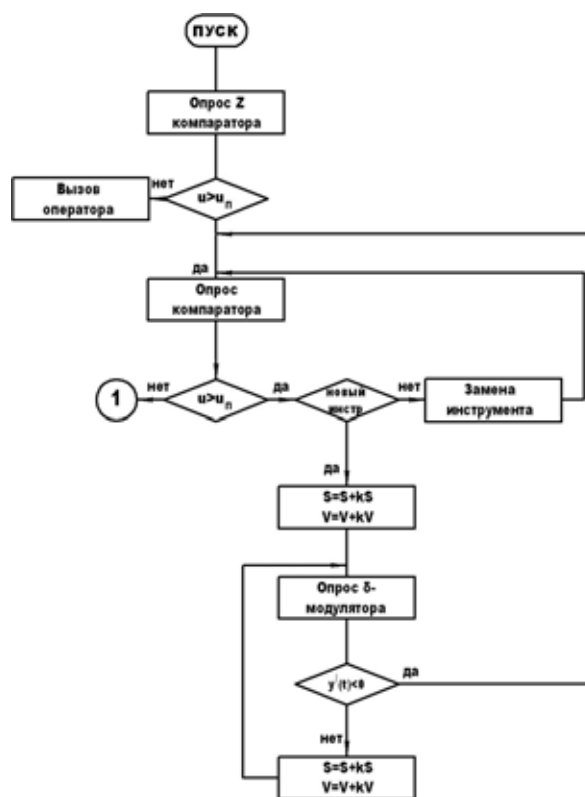


Рис. 4. Алгоритм работы устройства контроля процесса резания

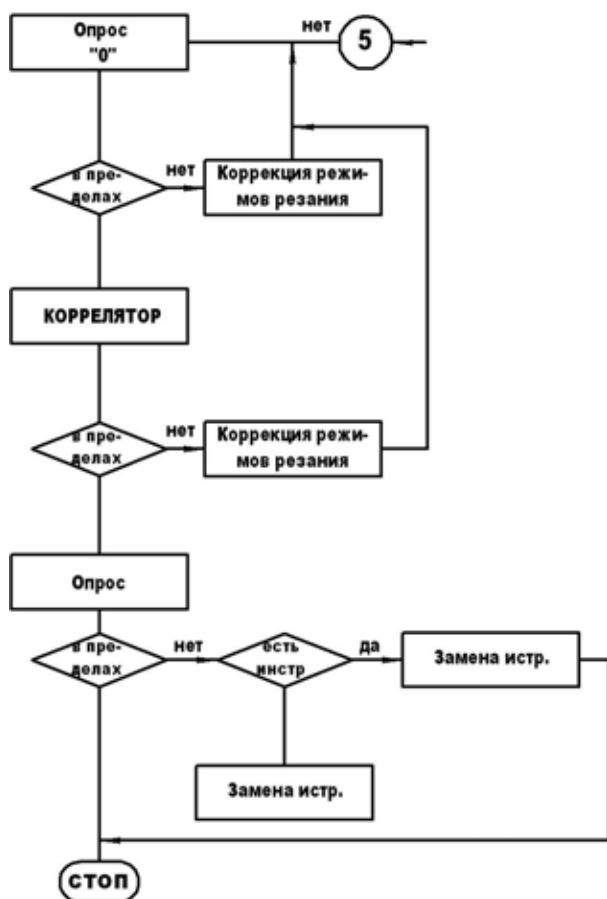


Рис. 4 Продолжение

За критерий сходства взято среднеквадратическое отклонение эталонной автокорреляционной функции $R_{xx}(\varphi)$ той, что получена из вибросигнала.

$$\delta = \int_0^{\tau_{\max}} [R_{xx}(\tau)_B - R_{xx}(\tau)_Y]^2 dx$$

где $R_{xx}(\varphi)_B$ - автокорреляционная функция вибросигнала,

$R_{xx}(\varphi)_Э$ - эталонная автокорреляционная функция.

Для целей регулирования процесса обработки прекрасно подойдет промышленный логический контроллер (ПЛК). ПЛК - специализированное (компьютеризированное) устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В качестве основного режима длительной работы ПЛК, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, выступает его автономное использование, без серьёзного обслуживания и практически без вмешательства человека. Современные модели ПЛК обладают высоким быстродействием отказоустойчивостью. Использование ПЛК позволит отказаться от множества устаревших элементов, все функции реализованы программно, легки в настройке. Получение данных идет в режиме реального времени. Сначала производится проверка уровня сигнала - сигнал слишком велик при критическом износе инструмента, неправильно выбранных режимах работы и аварийных ситуациях. Если

пороговое значение превышено, то система ЧПУ подает команду на замену режущего инструмента, т.к. напряжение сигнала, получаемого с преобразователя вибраций равно или больше напряжения при критическом износе инструмента. Одновременно с заменой инструмента в память заносится информация об этом. Если после смены инструмента критическое значение все равно превышено, то система ЧПУ запрашивает информации о режущем инструменте. Т.к. замена режущего инструмента была произведена, т.е. станок работает с острым инструментом, то превышение сигналом порогового напряжения не будет связано с износом режущего инструмента.

Одной из возможных причин превышения сигналом порогового значения при работе острым, целым инструментом, может служить работа последнего в зоне наростообразования. Экспериментально было установлено, что интенсивность сигнала виброакустики при наросте возрастает в 2...4 раза.

Основной причиной работы инструмента в зоне наростообразования являются неверно назначенные для данных условий режимы резания. Поскольку при работе заведомо острым инструментом сигнал остается выше порога, то замененному инструменту присваивается метка "Острый" и его можно использовать в дальнейшей работе.

Следующим шагом работы программы осуществляется попытка выхода из зоны наростообразования, для этого необходимо изменять режимы резания, т.к. нарост образуется при определенном соотношении скорости резания и подачи. Система ЧПУ изменяет частоту вращения шпинделя или подачу.

Одновременно с этим производится вычисление функции автокорреляции и сравнение ее с эталонной. При соответствии АФК эталону проводится корректировка в соответствии программы ЧПУ, в противном случае вычисляется АФК при нулевом сдвиге. Если она находится в оптимальном диапазоне то корректировка прекращается. Если АФК при нулевом сдвиге ниже нижнего порогового значения, то это вынуждает ЧПУ увеличивать режимы резания, если выше верхнего порогового значения, то уменьшать.

Применение данного алгоритма устройства позволяет стабилизировать процесс обработки и гарантированно обеспечить параметры качества детали, исходя из ее служебного назначения.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИЙ НА ПРОДОЛЬНУЮ ШЕРОХОВАТОСТЬ

RESEARCH OF INFLUENCE OF LONGITUDINAL VIBRATIONS ON THE SURFACE ROUGHNESS

Ключевые слова: шероховатость, профиль поверхности, корреляционная зависимость, вибросигнал.

Keywords: surface roughness, surface, correlation, vibrate.

Аннотация

В статье исследуется влияние вибраций технологической системы, вызванные процессом резания и износом инструмента, на продольную шероховатость поверхности. Установлено, что продольная шероховатость формируется, в основном, в результате вибраций технологической системы, происходящих в радиальном направлении.

Annotation

The article deals with the influence of vibration technology systems, caused by the cutting process and tool wear, on the longitudinal surface roughness. It is established that the longitudinal roughness is formed mainly as a result of vibration technology systems occurring in the radial direction.

Остапчук Александр Константинович
Курганский институт железнодорожного
транспорта, Россия
доцент, канд.техн.наук,
заведующий кафедрой ОПД,
uralakademia@mail.ru

Кузнецова Елена Михайловна
Курганский институт железнодорожного
транспорта, Россия
начальник научно-исследовательского и
редакционно-издательского отдела,
nirio-kigt@mail.ru

Шероховатость поверхности в общем случае различна в разных направлениях. Максимальное различие между продольной и поперечной шероховатостью наблюдается при черновых методах обработки, когда продольная шероховатость составляет незначительную часть от поперечной. С уменьшением высоты поперечных микронеровностей соотношение между высотами продольной и поперечной шероховатости увеличивается. Это соотношение зависит как от режимов резания, так и от износа инструмента. Соотношения высот продольной ($Ra_{\text{пр}}$) и поперечной ($Ra_{\text{поп}}$) шероховатостей приведены в таблице 1.

	Износ, мм				
	0	0.3	0.7	0.9	1.5
$Ra_{\text{поп}}$, мкм	0.32	0.11	0.18	0.62	0.8
$Ra_{\text{пр}}$, мкм	2.3	0.8	1.22	1.35	1.94
$\frac{Ra_{\text{пр}}}{Ra_{\text{поп}}}$	0.14	0.13	0.15	0.46	0.41
$\frac{Ra_{\text{пр}}}{Ra_{\text{поп}}} \times 100\%$	14	13	15	46	41

Приведенные данные показывают, что распространенное утверждение об обычном превышении поперечной шероховатости над продольной весьма далеко от действительности. Наличие вибраций больше сказывается на величине продольной шероховатости. Так, при токарной обработке изменение поперечной шероховатости достигает 50... 100%, а продольной - 250...700%.

Реальный профиль неровностей получается наложением на идеальную (теоретическую) шероховатость вибраций технологической системы, вызванные процессом резания и износом инструмента. Для продольной шероховатости поверхности идеальный профиль представляет собой поверхность со средним арифметическим отклонением систематической составляющей $Ra=0$, а реальный профиль обработанной поверхности формируется только под действием вибраций.

Для проверки этого предположения исследовался профиль детали в продольном направлении, т.е. по траектории движения режущего инструмента. Исследовался профиль детали в зависимости от скорости резания, подачи и износа инструмента. Максимальные колебания высоты микронеровностей Ra наблюдались при исследовании продольной шероховатости от износа инструмента. Они достигали 700% (от 0,11 мкм до 0,8 мм при критическом износе инструмента, равном 1,5 мм). Колебания величины Ra в зависимости от скорости резания и подачи были значительно меньше, что объясняется тем, что мощность вибраций при изменении скорости резания и подачи была значительно меньше, чем при изменении износа инструмента. На рис. 1 приведены графики зависимости мощности вибро-сигнала от износа инструмента в трех различных направлениях (X,Y,Z). Данные зависимости были получены при следующих условиях: скорость резания $V = 215$ м/мин, подача $S = 0,07$ мм/об, глубина резания $t = 0,25$ мм. Сравнением этих зависимостей с зависимостью высоты микронеровностей Ra от износа инструмента (рис.2), установлено, что они носят идентичный характер, это также подтвердила математическая обработка полученных результатов. Уравнение множественной линейной регрессии имеет следующий вид:

$$Ra_{\Pi} = -2.307 + 0.0222S_{\omega x} - 0.0018S_{\omega y} - 0.005S_{\omega z}$$

где $S_{\omega x}$, $S_{\omega y}$, $S_{\omega z}$ – мощность сигналов виброакустики

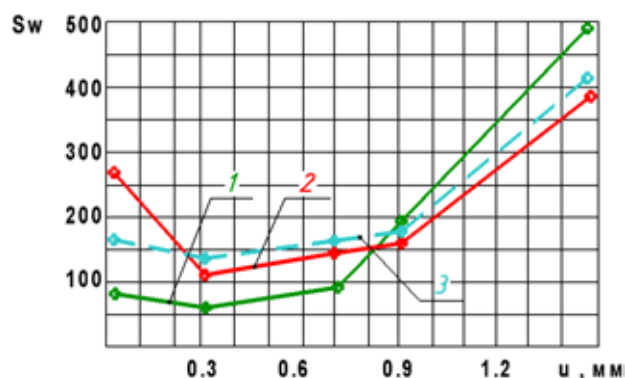


Рис. 1. Зависимость мощности вибросигнала от износа: 1 – ось Z; 2 – ось X; 3 – ось Y

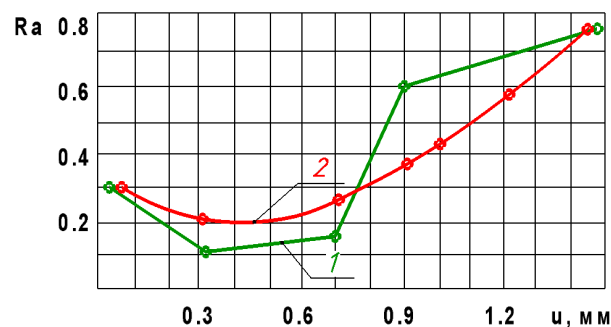


Рис. 2. Зависимость высоты микронеровностей поперечной шероховатости от износа

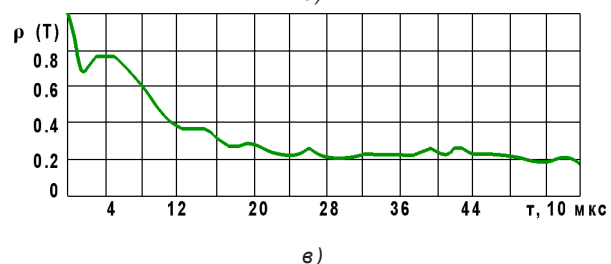
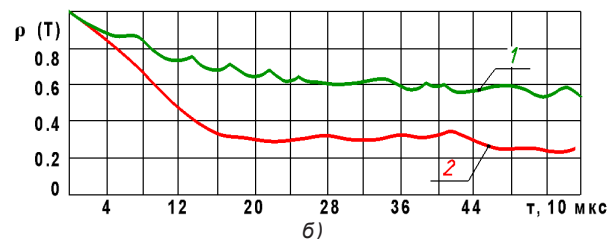
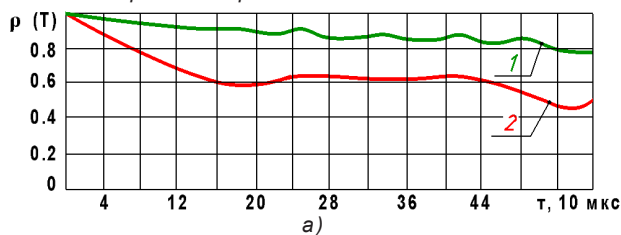


Рис. 3. Зависимость АКФ поперечной шероховатости от износа: а) 1 – $u=0.3$ мм; 2 – $u=0.7$ мм; б) 1 – $u=0$ мм; 2 – $u=0.9$ мм; в) $u=1.5$ мм

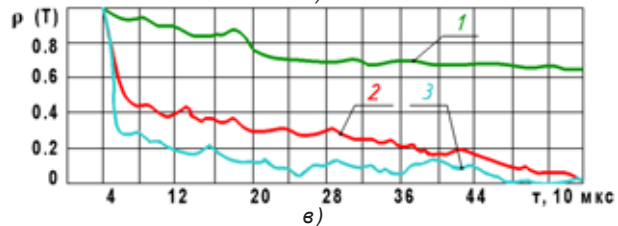
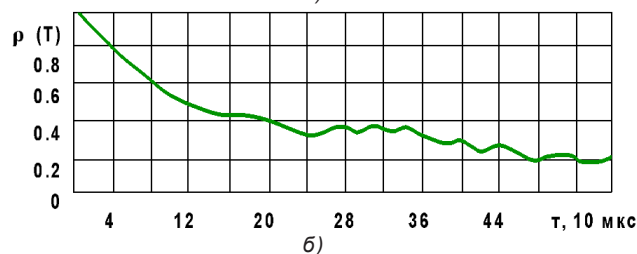
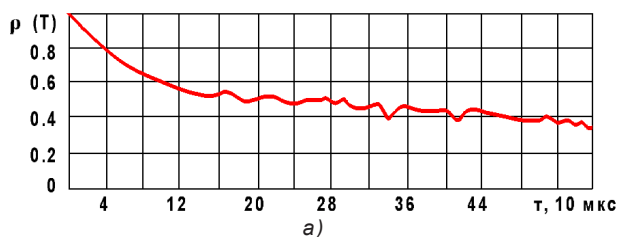


Рис. 4. Зависимость АКФ продольной шероховатости от износа: а) $u=0$ мм; б) $u=0.3$ мм; в) 1 – $u=0.7$ мм; 2 – $u=0.9$ мм; 3 – $u=1.5$ мм

Ra_{Π} , мкм

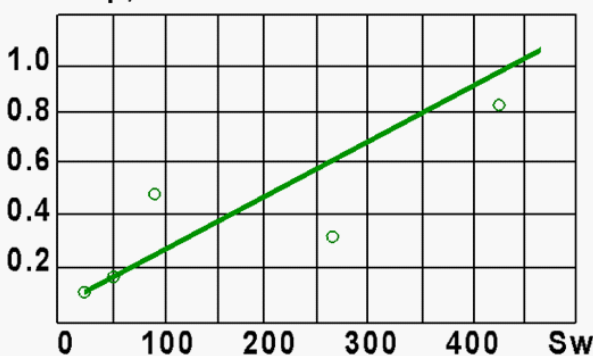


Рис. 5. Зависимость Ra_{Π} от мощности вибросигнала

С целью установления связи между величиной Ra_{Π} и мощностью вибросигнала по одной из осей проводился корреляционный анализ, который показал, что наиболее тесная связь существует между Ra_{Π} и $S_{\omega y}$ коэффициент корреляции которой $r_{xy}=0.83$. Это говорит о том, что продольная шероховатость формируется, в основном, в результате вибраций технологической системы, происходящих в радиальном направлении. Уравнение регрессии, описывающее зависимость Ra_{Π} и $S_{\omega y}$ имеет следующий вид (рис. 5):

$$Ra_{\Pi} = 0.00149 + 0.0016S_{\omega y}$$

Следовательно, для оценки продольной шероховатости поверхности достаточно оценить мощность вибросигнала в радиальном направлении. Анализ полученных профилограмм показал, что в профиле реальной поверхности отсутствует периодическая составляющая, что еще раз подтверждает предположение о случайном характере вибросигнала. С целью более точного выявления периодичности в профиле, проводился анализ кор-

релограмм поверхности, полученных с различными шагами корреляции $\tau=0.001\text{мм}$ (рис.3) и $\tau=0.01\text{мм}$ (рис.4). Корреляционный анализ профиля не выявил периодичности. Аппроксимируя данные коррелограммы выражением типа:

$$K_{xx}(\tau) = e^{-\alpha\tau^2}$$

рассчитывались коэффициенты затухания корреляционной функции $\alpha_{\text{пр}}$. Математическая обработка результатов установила что имеется довольно тесная корреляционная связь между $\alpha_{\text{в}}$ и $\alpha_{\text{пр}}$ ($r_{xy}=0.71$), уравнение множественной линейной регрессии имеет вид:

$$\alpha_{\text{прп}} = 0.01219 - 5.6311\alpha_{\text{вх}} - 0.3913\alpha_{\text{ву}} - 7.576\alpha_{\text{вz}}$$

где $\alpha_{\text{вх}}$, $\alpha_{\text{ву}}$, $\alpha_{\text{вz}}$ - коэффициенты затухания корреляционной функции вибросигнала.

По полученным величинам $\alpha_{\text{прп}}$ рассчитывались средние шаги профиля случайной компоненты T_{γ_n} , но, поскольку в продольном направлении отсутствует систематическая составляющая, то $T_{\gamma_n} = S_m$. Величина среднего шага неровностей колебалась от 44мкм при $u=0,3\text{мм}$ до 260мкм при $u=1,5\text{мм}$. Такой размах значений величины T_{γ_n} можно объяснить тем, что в спектре вибросигнала при $u=0.3\text{ мм}$ максимальная энергия приходится на более низкий диапазон спектра, при возрастании износа начинают возрастать амплитуды более высоких частот, что и приводит к уменьшению величины T_{γ_n} .

Все изложенное еще раз подтверждает тот факт, что случайная составляющая профиля формируется под действием вибраций технологической системы.

УДК 621.19

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ВИБРОСИГНАЛА ОТ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА RESEARCH OF DEPENDENCE OF THE CORRELATION FUNCTION OF THE VIBRATION SIGNAL FROM WEAR OF THE CUTTING TOOL

Ключевые слова: Виброакустика, режущий инструмент, корреляция, токарное производство.

Keywords: Vibroacoustics, cutting tools, correlation, turning production.

Аннотация

В данной статье показано, что с помощью

виброакустического способа можно осуществлять активный контроль износа режущего инструмента при токарной обработке. Решена проблема потери данных в процессе обработки виброакустических сигналов, показана зависимость износа режущего инструмента на характер виброакустического сигнала.

Annotation

This article states that using vibroacoustic method can be carried out active monitoring tool wear in turning. Solved the problem of data loss during processing of vibroacoustic signals shows the tool wear on the nature of the vibroacoustic signal.

Остапчук Александр Константинович

Курганский институт железнодорожного транспорта, Россия
доцент, канд.техн.наук,
заведующий кафедрой ОПД,
uralakademia@mail.ru

Шашков Алексей Игоревич

Курганский институт железнодорожного транспорта, Россия, аспирант

Тютнев Александр Евгеньевич

Курганский институт железнодорожного транспорта, Россия, аспирант

Михалищев Александр Геннадьевич

Курганский институт железнодорожного транспорта, Россия, аспирант

В производственных условиях, как правило, представляет интерес не непрерывный контроль износа инструмента, и фиксирование момента времени, когда износ превысит заданную величину. Данная задача решается, если регистрировать мощность виброакустического сигнала, в определенном диапазоне спектра превышающую величину, установленную в предварительных экспериментах и характеризующую износ инструмента.

Однако оценка вибросигнала только по его общей энергетике и в сочетании с частотной селекцией сигнала имеет ряд недостатков. Эти недостатки обусловлены, с одной стороны, зависимостью сигнала виброакустики не только от условий обработки, но и от свойств технологической системы. С другой стороны, контролировать износ инструмента по высокочастотной составляющей спектра бывает затруднительно, т.к. практически сложно обнаружить и изолировать высокочастотный сигнал, генерируемый изношенным инструментом, поскольку он зависит от ряда факторов, таких как: размеры режущей пластинки, способ крепления пластинки, инструментальный блок, вылет инструмента и др.

Используемая частотная селекция обеспечивает не только выбор информативной полосы пропускания сигнала, но и приводит к потере основной части информации, передаваемой виброакустическим сигналом.

Устранить данные недостатки позволил корреляционный анализ сигналов виброакустики, т.к. сигналы, регистрируемые в процессе резания, представляют собой широкополосный шум, и для его оценки использовалась корреляционная функция.

В результате анализа экспериментальных данных было выявлено, что наряду с изменением значения корреляционной функции в нуле $K_{xx}(0)$ при различном износе инструмента меняется величина первого пересечения функции с временной осью λ . Для определения зависимости величины λ от износа инструмента использовались нормированные корреляционные функции вибросигнала.

На рис. 1 и 2 приведены нормированные корреляционные функции вибросигнала, полученные с одной достаточно длинной реализации ($N=215$). Функции получены генерируемой технологической системой на различных стадиях износа (0, 0,3мм, 0,7мм, 0,9мм, 1,5мм). На рис. 1 приведены функции с шагом корреляции $\tau=1\text{мкм}$, а на рис. 2 - с шагом $\tau=10\text{мкм}$.

При сравнении данных кривых было установлено, что величина λ коррелирует с износом режущего инструмента. Данное обстоятельство имеет важное значение, т.к. позволяет при прочих равных условиях технологического процесса контролировать и в достаточной для практики точности прогнозировать износ режущего инструмента.

На рис. 5 - 6 приведены зависимости величины λ от износа режущего инструмента. Из этих графиков видно, что до определенной величины износа режущего инструмента λ изменяется, а затем остается почти постоянной.

При измерении λ по трем различным осям, износ инструмента, при котором она стабилизируется, незначительно отличается, в пределах 0.1...0.2мм.

Износ по задней поверхности при этом, достигает 0.7...1 мм.

Угол наклона корреляционной функции в нулевой точке, а, следовательно, и величина λ характеризует частотный состав сигнала. Исходя из нормального закона распределения сигнала виброакустики, низшую частоту определяем по формуле:

$$f_H = \frac{1}{4\lambda\tau}$$

где f_H – низшая частота спектра
 τ – шаг корреляции

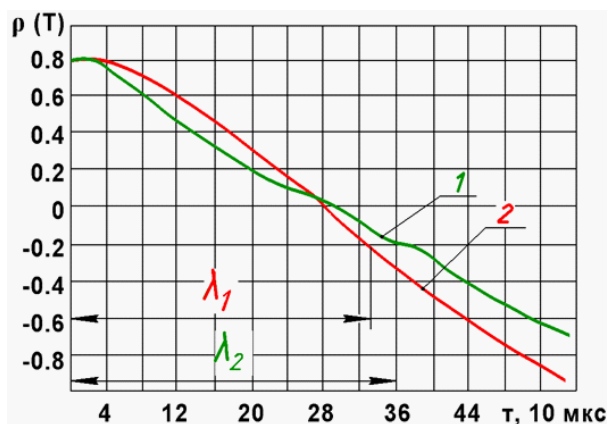


Рис. 1. Зависимость первого пересечения λ АКФ от износа u : 1 – $u=0$ мм; 2 – $u=0.3$ мм

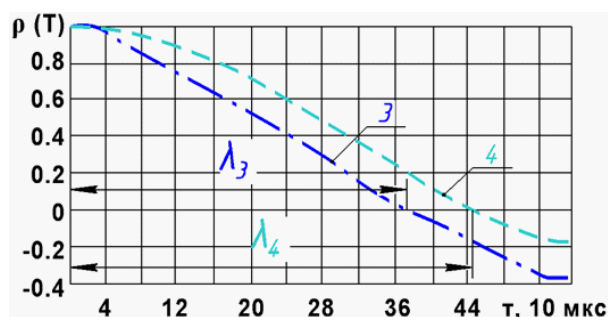


Рис. 2. Зависимость первого пересечения λ АКФ от износа u : 3 – $u=0.9$ мм; 4 – $u=1.5$ мм

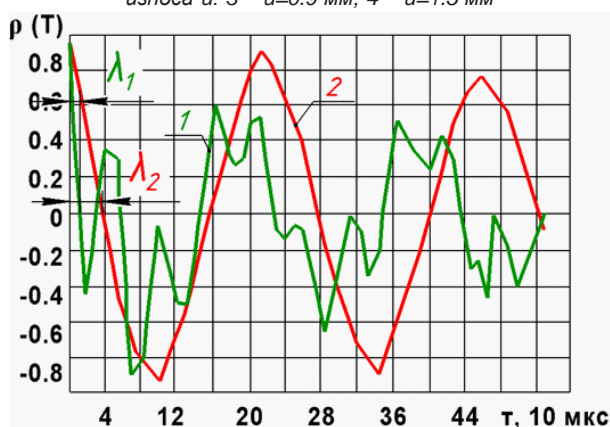


Рис. 3. АКФ вибросигнала в зависимости от износа u : 1 – $u=0$ мм; 2 – $u=0.3$ мм

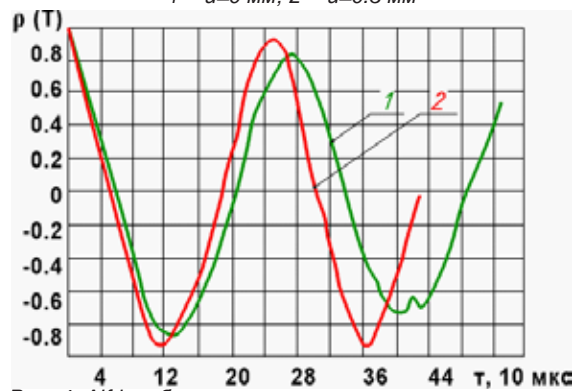


Рис. 4. АКФ вибросигнала в зависимости от износа u : 1 – $u=0.7$ мм; 2 – $u=0.9$ мм

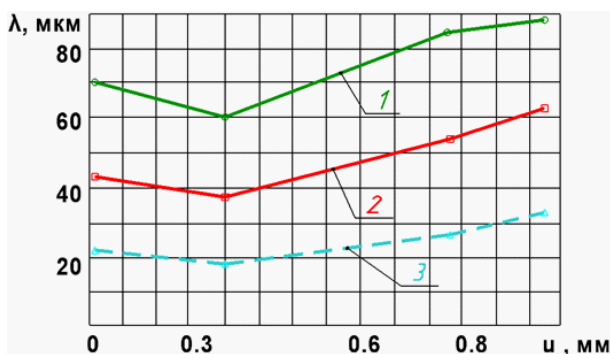


Рис. 5. Влияние износа инструмента на величину λ : 1 – $\tau=1$ мкм; 2 – $\tau=10$ мкм; 3 – $\tau=100$ мкм

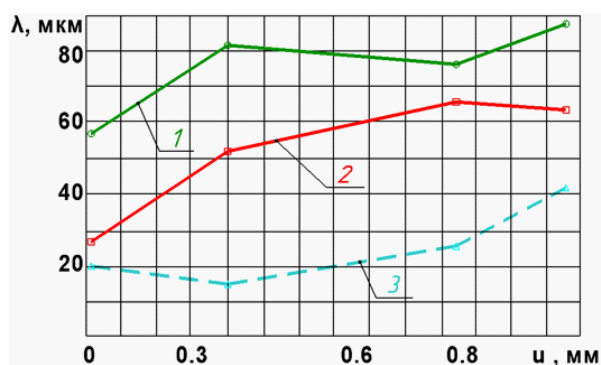


Рис. 6. Влияние износа инструмента на величину λ : 1 - $\tau=1$ мкм; 2 - $\tau=10$ мкм; 3 - $\tau=100$ мкм

Как было отмечено, возрастание износа инструмента приводит к тому, что спектр виброакустического сигнала смещается в область низших частот, а, следовательно, к возрастанию величины λ . Наличие минимума на зависимости $\lambda=f(u)$, который наблюдался при износе 0,3мм по оси Z, объясняется тем, что в процессе приработки инструмента мощность сигнала сместилась в высокочастотную область спектра (более 4кГц) и низкие частоты были отфильтрованы самой корреляционной функцией. По мере увеличения износа в спектре вибросигнала появлялись более низкие частоты, что привело к увеличению λ .

Иной характер экспериментальных данных, полученных при анализе сигнала виброакустики по оси, объясняется тем, что разделение сигнала на низкочастотную и высокочастотную компоненты имеет другую зависимость. На рис. 7 приведены графики зависимости $\lambda=f(u)$, полученные при измерении вибросигнала по оси Z с различным шагом корреляции (1мкм и 10 мкм).

Несмотря на локальный минимум при износе 0,3мм, искомая функциональная зависимость была представлена линейной функцией:

$$\lambda = 54.21025 + 14.82051 \times u$$

На рис. 7 показаны прямая, полученная расчетным путем и доверительный интервал при вероятности $P=90\%$. Доверительный интервал ограничен двумя гиперболами, которые имеют наименьшее

далекие друг от друга в точке \bar{U} . Несмотря на разброс точек измерений, согласование экспериментальных и теоретических значений - удовлетворительное. Из четырех точек одна расположена на границе доверительного интервала, что для вероятности $P=90\%$ является хорошим результатом. На рис. 8 приведены графики зависимости $\lambda=f(u)$ по оси Y. Математическая обработка позволила определить линию регрессии, имеющую следующий вид:

$$\lambda = 16.8287 + 57.81 \times u$$

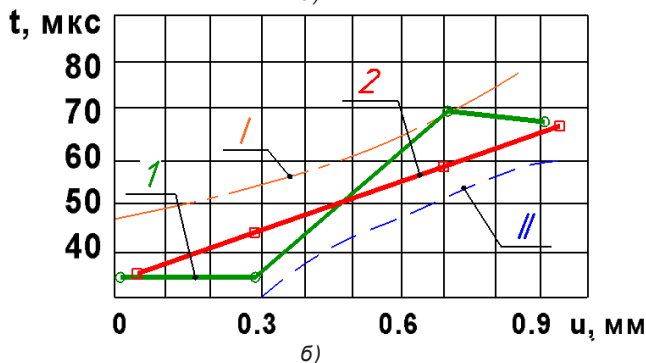
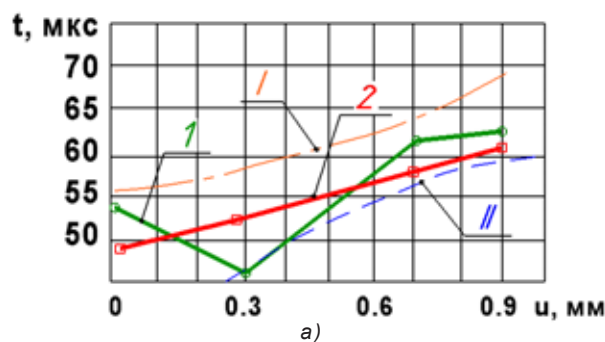


Рис. 7. Зависимость первого пересечения λ от износа по оси Z: а) $\tau=1$ мкс; б) $\tau=10$ мкс. 1 - эмпирическое распределение; 2 - теоретическое распределение

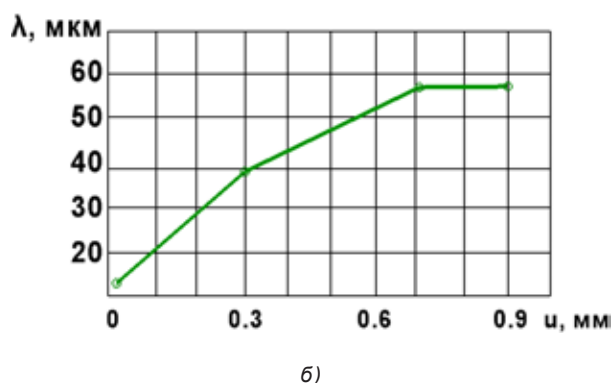
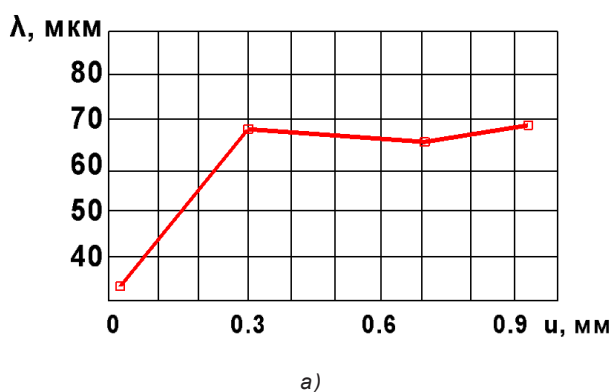


Рис. 8. Зависимость первого пересечения λ от износа по оси Y: а) $\tau=1$ мкс; б) $\tau=10$ мкс; 1 - эмпирическое распределение; 2 - теоретическое распределение

При математической обработке данных эксперимента учитывалось, что износ по задней поверхности после значения 0.9мм достигает величины катастрофического износа, при котором резко воз-

растает амплитуда на низких частотах, и следовательно, остается постоянной. Исходя из этого, зависимость $\lambda = f(u)$ определялась до величины износа 0,9 мм.

Подведя итоги можно сделать вывод, что одной из оценок износа режущего инструмента может служить величина первого пересечения нормированной автокорреляционной функции с временной осью.

УДК 66-9

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR THE PRELIMINARY STUDY OF VIBROACOUSTIC SIGNALS

Ключевые слова: методика исследования, вибросигнал, спектр.

Keywords: methods of research, vibrate, range.

Аннотация

В данной работе рассмотрена возможность применения принципов предварительного исследования виброакустических сигналов для получения объективных данных о процессах, происходящих в зоне резания.

Разработана математическая модель и алгоритм обработки данных. Анализ виброакустических сигналов производится по их электрическим аналогам, т.е. электрическим сигналам, пропорциональным исследуемым величинам, с помощью электронной аппаратуры.

Annotation

In this work the possibility of applying the principles of prior studies of vibroacoustic signals to obtain objective information about the processes occurring in the cutting zone.

The developed mathematical model and algorithm of data processing. The analysis of vibroacoustic signals produced by their electric counterparts, i.e. electrical signal, proportional to the measured values, with the help of electronic equipment.

Остапчук Александр Константинович

Курганский институт железнодорожного транспорта, доцент, канд.техн.наук,
заведующий кафедрой ОПД,
uralakademia@mail.ru

Кузнецова Елена Михайловна

Курганский институт железнодорожного транспорта, Россия

начальник научно-исследовательского и
редакционно-издательского отдела,
nirio-kigt@mail.ru

Целью экспериментального исследования сигналов виброакустики является получение объективных данных о процессах, происходящих в зоне резания при нормальной работе металлорежущего оборудования.

Выявление периодичности и случайности сигнала виброакустики.

Характер процесса оценивается при помощи анализа его закона распределения. Сумма детерминированного моногармонического и случайного нормального процесса может быть представлена в виде:

$$x(t) = A_p \cos(\omega_0 t) + \zeta(t),$$

где A_p, ω_0 - соответственно амплитуда и угловая частота детерминированной составляющей процесса;

$\zeta(t)$ - узкополосный нормальный случайный процесс с нулевым средним значением и средним квадратическим отклонением σ_ζ .

Форма графиков плотности распределения вероятностей значения суммы моногармонического и случайного процессов будет определяться величиной отношения амплитуды регулярной составляющей процесса к среднему квадратическому отклонению случайной компоненты:

$$a = A_p / \sigma_\zeta, \quad (0 \leq a < \infty),$$

которое принято называть коэффициентом регулярности.

Коэффициент регулярности a , отражающий характер колебаний, влияет главным образом на положение вершины кривой закона распределения.

Вместе с тем, положение вершины и сглаженность этой кривой определяют значение коэффициента эксцесса и регулярности описывается (с погрешностью 10%) уравнением:

$$a = -2.45\zeta + 0.58 \quad (-1.0 \leq \zeta \leq 0.1)$$

Определив из эксперимента коэффициент эксцесса суммарного процесса, можно найти соответствующее значение коэффициента регулярности a , а затем амплитуду моногармонического колебания:

$$A_p = a\sigma(1 + 0.5a^2)^{-\frac{1}{2}}$$

и среднее квадратическое отклонение случайной составляющей:

$$\sigma_\zeta = \sigma \times (1 + 0.5a^2)^{-\frac{1}{2}},$$

где σ - измеренное среднее квадратическое значение суммарного процесса колебаний.

Статистический анализ результатов проводится в соответствии с принципиальной блок-схемой (рис. 1) по алгоритму, приведенному на рис. 2 на ЭВМ с помощью оригинального программного обеспече-

ния.

Проверка согласия опытного и теоретического распределения осуществляется по критерию А.Н. Колмогорова.

Выявление источников колебаний.

Исследование вибраций проводится с применением спектрального анализа. При обработке в динамических условиях можно выделить две разновидности вибраций: это вибрации, вызванные конструкцией - станка и вибрации, вызванные процессом резания.



Рис. 1. Блок-схема статистического анализа вибросигнала

Одним из источников колебаний может быть биение шпинделя, вызванное подшипниками, имеющими дефекты на беговых дорожках или телах качения. Частоты вибраций определяются по формулам:

- для наружного кольца:

$$f_1 = \left(1 - \frac{d_\phi}{D_0} \cos \beta\right) \times \frac{z_T \times n}{2}$$

- для внутреннего кольца:

$$f_2 = \left(1 + \frac{d_\phi}{D_0} \cos \beta\right) \times \frac{z_T \times n}{2}$$

- для шарикоподшипников:

$$f_3 = \left(1 - \left(\frac{d_\phi}{D_0} \cos \beta\right)^2\right) \times \frac{z_T \times n}{d_\phi},$$

где d_ϕ - диаметр тел качения;

D_0 - диаметр окружности, проходящей по центрам тел качения;

Z_m - число тел качения;

β - угол контакта;

n - частота вращения шпинделя.

С целью уточнения источников доминирующих частот спектра вибросигнала и подтверждения выше указанных теоретических предположений, спланированы экспериментальные исследования.

Следующим этапом экспериментальных исследований будет определение полосы спектра, зависящей от режимов обработки. На этом исследуются спектры вибросигналов в зависимости от скорости выглаживания V , подачи S , радиуса инструмента, материала инструмента, величины натяга t и исходной шероховатости.

Отсеивающие эксперименты.

Для описания исследуемого процесса в программу эксперимента включены все независимые переменные ответственные за протекание процесса и влияющие на формирование параметров поверхностного слоя (физико-механические характеристики).

Применение метода отсеивающих экспериментов основано на использовании сверхнасыщенных планов.

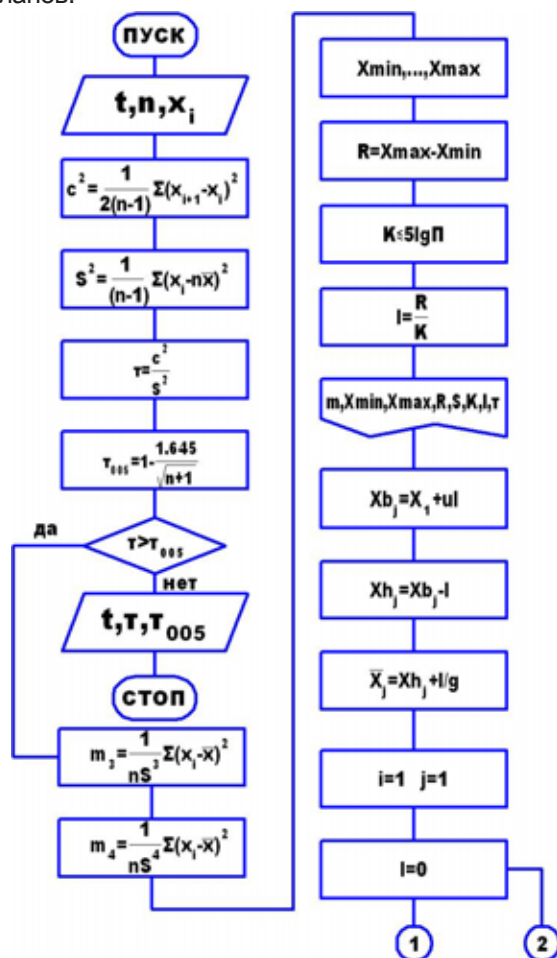


Рис. 2. Алгоритм статистической обработки вибросигнала



где $\overline{Z_u}$ - условный отклик для n-й строки вспомогательной таблицы; P_u - частота значений исходного отклика, приходящаяся на u-ю строку вспомогательной таблицы.

Уровни варьирования факторов

Фактор	Скорость обработки V, м/мин	Подача S, мм/об	натяг t, мм	Радиус инструмента, R	Износ инструмента u, мм	Исходная шероховатость	Материал инструмента	Твердость обраб. материала, HB
Кодовое обозначение	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈
Верх. ур. +	130	0.21	0.3	3	0.5	3	Алмаз	450
Нижн. ур. -	10	0.01	0.05	1	0	0.5	ВОК-60	150

Таблица 2

Матрица планирования отсеивающего эксперимента

№ опыта	Фактор								Параметр
	V	S	t	R	u	Ra	Матер. Инстр.	Твердость обраб. материала	Микротвердость
1	+	+	-	-	+	-	+	-	
2	+	+	+	+	-	+	+	-	
3	-	+	-	-	+	+	-	+	
4	-	-	+	+	+	-	-	+	
5	+	-	+	-	-	+	-		
6	+	-	+	-	+	+	-	-	
7	-	-	-	-	-	+	-	+	
8	-	+	-	+	-	-	+	+	
9	+	-	-	-	-	+	-	+	
10	-	+	+	+	-	+	-	-	
11	+	-	+	-	-	-	+	-	

Наблюдаемое значение критерия Стьюдента сравнивается с критическим значением данного критерия. Критические значения критерия t_K определялись по таблицам. Исходными данными для выбора критических значений критерия Стьюдента являются доверительная вероятность, равная

$P_u = 0.99$ для нашего случая и условное число опытов, определяемое по формуле:

$$m_u = \sum_{u=1}^q P_u - q + 1,$$

При $t_M > t_k$ коэффициент регрессии и соответствующий ему эффект является статистически значимыми.

Оценка точности результатов измерений.

Анализ виброакустических сигналов производится по их электрическим аналогам, т.е. электрическим сигналам, пропорциональным исследуемым величинам, с помощью электронной аппаратуры. В исходном сигнале, получаемом при измерении, неизбежно присутствуют помеховые составляющие разного рода. Их источники могут быть общи-

ми с источниками полезного сигнала или совершенно независимыми. Одним из важнейших критериев оценки влияния помех на возможность анализа, т.е. извлечения информации из сигнала, является отношение мощности сигнала к мощности помехи. При каждом измерении производится регистрация помехи.

Кроме этого, на нормальную работу аппаратуры оказывают влияние и электрические помехи, вызванные наводками и паразитными обратными связями. Они устраняются путем более тщательного монтажа схемы, заземлением всей аппаратуры и использованием экранированных кабелей. Относительный характер измерений, использование в экспериментах одной и той же аппаратуры приводит к тому, что погрешность, связанную с самой аппаратурой, т.е. систематическую погрешность, можно не учитывать.

Практически во всех случаях, учитывая точность применяемых измерительных приборов, показания снимаются три раза, что позволяет повысить точность за счет уменьшения случайных погрешностей. Доверительная погрешность измерений определяется из выражения:

$$u = \sqrt{a^2 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})}{n} \left(\text{inv}\Phi \left(\frac{1+p}{2} \right)^2 \right)},$$

где a – предел допустимой погрешности прибора;
 p – доверительная вероятность;
 n – число измерений;
 y_i – текущее значение измеряемого параметра.
 Выбор степени полинома.

Любую функцию можно описать полиномом, если выбрать степень n достаточно высокой. С другой стороны через m измеренных точек можно провести кривую, которая описывается полиномом степени $n=m-1$.

Зачастую степень аппроксимирующего полинома с самого начала не только не известна, но и должна определяться по измеренным значениям. Критерием для правильного выбора степени n могут служить корреляции между соседними погрешностями:

$$e = y_i - y_i^*,$$

где y_i – измеренное значение функции
 y_i^* – расчетное значение функции.

Если имеет место корреляция между этими величинами, то степень полинома нужно повышать. В качестве меры коррелированности вводится коэффициент s . Его оценкой является эмпирический коэффициент корреляции:

$$\rho = r = \frac{\sum_{i=1}^l e \times l_{i-1}}{\sum_{i=1}^l e_i^2} \times \frac{l}{l-1}$$

Если $r=0$, то погрешности некоррелированы и степень полинома выбрана достаточной. Для точной оценки рассчитывается коэффициент T :

$$T = \frac{r \times \sqrt{l-4}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Этот коэффициент подчиняется распределению Стьюдента с $l-4$ степенями свободы. Если $T < \text{inv}F_{t,l-4}(P) = t(2P-1, l-4)$, то можно считать значения некоррелированными. Следовательно, с вероятностью P степень n установлена достаточной.

Доверительная оценка коэффициента корреляции.

Если зависимость $y=f(x)$ отлична от линейной и (или) наблюдается разброс измеренных значений, то независимо от того, обусловлено ли это обстоятельство ошибками измерений или нелинейным характером связи исследуемых величин, выборочный коэффициент r_{xy} уменьшается. Для оценки точности полученного коэффициента r_{xy} рассматривается следующая функция:

$$\omega = \frac{1}{2} \times \ln \left[\frac{1 + \rho_{xy}}{1 - \rho_{xy}} \right]$$

где ρ_{xy} – коэффициент корреляции,
 и дисперсией:

$$\sigma_{\omega}^2 = \frac{1}{N-3}$$

По оценке r_{xy} на основе этих соотношений находятся доверительные интервалы для коэффициента s_{xy} . Ввиду выборочной изменчивости оценок коэффициента корреляции необходимо убедиться в том, что отличное от нуля значение оценок действительно отражает наличие статистически значимой корреляционной зависимости между исследуемыми величинами. Это довольно просто достигается путем проверки гипотезы $s_{xy}=0$. Если гипотеза отвергается, то корреляционная функция признается статистически значимой. Область принятия гипотезы о равенстве коэффициента корреляции нулю определяется равенством:

$$-z_{\alpha/2} \leq \frac{\sqrt{N-3}}{2} \ln \left(\frac{1+r_{xy}}{1-r_{xy}} \right) < z_{\alpha/2}$$

где z – величина, подчиняющаяся нормированному гауссовскому распределению.

Если рассматриваемая величина лежит вне приведенного интервала, то это означает наличие корреляционной зависимости на уровне значимости α .

Таким образом, разработанная методика позволяет с достаточной степенью точности оценить параметры вибросигнала с целью последующего анализа процессов, протекающих при обработке деталей транспортных машин.

УДК 338.24

КЛАСТЕРНЫЙ МЕХАНИЗМ КАК ФУНДАМЕНТ РОСТА ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РЕГИОНА

CLUSTER MECHANISM AS THE FOUNDATION OF GROWTH OF THE TRANSPORT SECTOR REGION

Ключевые слова: кластер, регион, кластерная политика, транспортный комплекс, инновация, конкуренция

Keywords: cluster, region, cluster policy, transport complex, innovation, competition

Аннотация

В статье показано, что отсутствие законодательной базы в области промышленной политики является тормозом в развитии экономики регионов.

Для депрессивных регионов кластерный механизм является наиболее эффективным механизмом преодоления стагнации и последующего роста экономики. Предлагаемый инновационный научно-производственный территориальный кластер призван решать задачи повышения производительности труда в транспортном комплексе, создании новых предприятий и повышения занятости рабочих мест.

Annotation

The article shows that the absence of the legislative base in the field of industrial policy is an obstacle to development of economy of regions. For depressed regions cluster mechanism is the most effective mechanism for overcoming of stagnation and subsequent economic growth. We offer innovative research-and-production regional cluster is intended to solve the tasks of increasing the productivity of labor in the transport sector, the creation of new businesses and increasing employment jobs.

Парышев Дмитрий Николаевич

ЗАО «Курганстальмост», Россия
генеральный директор, действительный
член РАТ, contact@kurganstalmost.ru

Моисеев Олег Юрьевич

ООО «Мостпроект»,
генеральный директор,
e-mail: mostproekt@kurganstalmost.ru

Копырин Владимир Иванович

ЗАО «Курганстальмост», Россия
технический директор, канд.техн.наук,
contact@kurganstalmost.ru

Самуйлов Валерий Михайлович

Уральский государственный университет
путей сообщения
профессор, д-р техн. наук, действительный
член РАТ, VSamuilov@usurt.ru

Неволин Дмитрий Германович

Уральский государственный университет
путей сообщения,
профессор, д-р техн.наук, действительный
член РАТ, innotrans@mail.ru

Харин Валерий Васильевич

Курганский институт железнодорожного
транспорта, Россия
зам. директора по научной работе и
инновационному развитию, действительный
член РАТ, uralakademia@mail.ru

Остапчук Александр Константинович

Курганский институт железнодорожного
транспорта, Россия
доцент, канд.техн.наук, заведующий
кафедрой ОПД, uralakademia@mail.ru

В настоящее время в России все более укрепляется мысль, что стране нужна промышленная политика. У такого подхода были и есть противники, по мнению которых достаточно определить приоритетные отрасли, и они будут существовать и без политики. Такого мнения придерживались реформаторы ельцинского периода («рынок все расставит на свои места» – Е.Гайдар). но сегодня абсолютно ясно, что для большой индустриальной дер-

жавы отсутствие промышленной политики является тупиковым путем.

Сегодня в России необходим переход от «приоритетного» планирования к стратегическому, к четкой промышленной политике, обеспеченной необходимой законодательной базой. Без этого в условиях современной жесткой конкуренции в мировой экономической системе, наша промышленность в целом и особенно на региональном уровне обречена на потери внешних рынков, а затем и рынков внутренних.

В настоящее время подготовлен законопроект, инициатором которого является министерство промышленности и торговли РФ, о промышленной политике Российской Федерации.

В этом законопроекте есть четкое распределение полномочий различных уровней органов власти и управления, в реализации промышленной политики, определение конкретных мер стимулирования государством промышленной деятельности. Важно, что документ также определяет правовой статус и институты для территориального развития промышленных предприятий, в том числе и транспортной отрасли. Впервые вводится правовое определение «промышленный кластер».

Общепринято, что в современном мире потенциал и конкурентоспособность страны являются производными конкурентоспособности входящих в ее состав территорий в силу того, что ресурсы и факторы производства, человеческий и социальный капитал, условия для ведения бизнеса локализованы на региональном уровне, где живут и трудятся конкретные люди и действуют конкретные компании. **Сегодня глобальная конкуренция между странами сводится к конкуренции между отдельными регионами. Единицей глобального экономического пространства является регион, который приобретает стратегическое значение для процветания своей страны и именно на него возлагается роль локомотива в национальном развитии. Такая стратегия обуславливает концептуальную значимость подхода к развитию региона и его интеграции в систему национальных приоритетов.**

Наиболее прогрессивным и инновационным подходом к развитию региона, в т.ч. и его транспортной отрасли, в условиях нового экономического подхода, описываемого в терминах сетевой организации хозяйствований и ключевой роли информации в экономических процессах, является кластерное развитие территории.

Кластеризация экономики позволяет сформировать комплексный взгляд на государственную политику регионального развития транспортного комплекса, повысить производительность, эффективность и конкурентоспособность бизнеса, расширить возможности для инновационного развития, оптимизировать взаимодействие между различными субъектами экономического развития региона такими как государство, крупный и малый бизнес, научно-образовательное сообщество и обществен-

ность. При этом формируется имидж региона в восприятии внешнего окружения. И главное – повышается уровень занятости и качество жизни населения конкретного региона.

Основоположник кластерной концепции М. Портер определяет кластер как «группу географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга». Понятие кластера указывает на отраслевую и географическую принадлежность совокупности входящих в его состав предприятий, которые производят и продают ряд связанных и взаимодополняющих товаров и продукции совместными усилиями. В таком толковании акцентирован фактор территориальной близости, наличие общих интересов участников кластера и закономерно возникающая в результате этого кооперация между ними для достижения синергетического эффекта на межотраслевом региональном уровне.

Кластерная концепция транспортной отрасли на региональном уровне предлагает альтернативный взгляд на сущность конкуренции, новый подход к структурированию экономики региона и прогрессивную форму в организации инновационного процесса.

В традиционной конкурентной среде выигрыш одного из участников эквивалентен проигрышу другого, что определяет конкурентную борьбу в качестве игры с нулевой суммой. Кластерный подход нарушает традиционную логику конкуренции, предоставляя возможность достижения выгоды каждому из субъектов, что и составляет бесприигрышную модель конкуренции.

Конкуренция, имеющая место в рамках кластерного агрегата, модифицирует в направлении усиления кооперативных взаимодействий конкурирующих игроков и сокращения интенсивности соперничества.

Кластерный механизм, как показывает мировой опыт, является наиболее эффективным и почти единственным механизмом вывода из стагнации экономики депрессивного региона и обеспечения ее быстрого подъема. При этом важно на начальном этапе определить те экономические звенья региона, воздействия на которые может быть реализован кластерный синергетический эффект.

Для Курганской области, которая входит в состав Уральского Федерального Округа, характерны элементы отсталости, депрессии и спада. Например, только среднестатистический денежный доход в Курганской области более чем в три раза меньше, чем такой же доход в Ямало-Ненецком автономном округе. Депрессивность обусловлена структурой экономики области, в которой главную роль играли предприятия машиностроения (автомобильный завод, завод колесных тягачей, Кургансельмаш...) и АПК.

Наиболее жизнеспособными в настоящее время являются предприятия транспортного комплекса, которые, по мнению авторов статьи, должны определить топологию объекта Курганского инно-

вационного научно-производственного территориального кластера. Предпосылками создания такого кластера в частности являются: разобщенность предприятий транспортного комплекса; отсутствие научно-производственной инфраструктуры; отсутствие единой государственной промышленной политики в транспортной отрасли.

«Болевыми» точками (рис. 1) транспортных сооружений являются:

- квалификация специалистов (знание ими инновационных технологий);
- дорожная одежда мостового полотна,
- гидроизоляция,
- деформационные швы,
- опорные части,
- антикоррозионная защита,
- проекты эксплуатации,
- прочностной мониторинг,
- шумозащита,
- освещение,
- применение геосинтетических материалов,
- высокопрочные бетоны и фибробетоны,
- применение композитных материалов,
- водоотвод на мостах и подходах к ним,
- барьерные и перильные ограждения,
- современные конструкции мостовых опор и фундаментов,
- коррозия и защита транспортных сооружений,
- современные методы диагностики транспортных сооружений,
- современные методы ремонта,
- методы обеспечения долговечности на стадии проектирования,
- аварии транспортных сооружений,
- современные компьютерные методы расчетного анализа транспортных сооружений,
- применение информационных технологий в транспортном строительстве.

Для решения проблем транспортной отрасли флагман отечественного мостостроения – ЗАО «Курганстальмост» – выступил инициатором создания кластера.

Предполагаемая структура создаваемого инновационного научно-производственного территориального кластера представлена следующими элементами:

- ✓ Образование
- ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет», г. Курган
- ФГБОУ ВПО «Пермский научно-исследовательский политехнический университет», г. Пермь
- ФГБОУ СПО «Курганский промышленный техникум», г. Курган
- ФГБОУ СПО «Шадринский политехнический колледж», г. Шадринск
- ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина», г. Саратов
- ФГБОУ ВПО «Тюменский нефтегазовый университет», г. Тюмень
- ФГБОУ ВПО «Курганский институт железнодорожного транспорта», г. Курган



Рис. 1. «Болевые» точки транспортных сооружений

- ✓ Производство
- ЗАО «Курганстальмост», г. Курган
- ОАО «Завод ограждающих конструкций», г. Шадринск
- ОАО «Шадринский завод металлоконструкций», г. Шадринск
- ООО «БАУЭР Машины-Курган», г. Курган
- ООО «Курганстальмост метизы», г. Курган
- Автодор, г. Курган
- ✓ НИОКР
- ООО «Мостпроект», г. Курган
- ООО «Сибпласт», г. Курган
- ООО «Консалтинговая фирма «Фрактал», г. Курган
- Российская Академия транспорта
- ✓ Наука
- ФГБОУ ВПО «Курганский государственный университет», г. Курган
- ФГБОУ ВПО «Пермский научно-исследовательский политехнический университет», г. Пермь
- ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина», г. Саратов
- ФГБОУ ВПО «Тюменский нефтегазовый университет», г. Тюмень

- ФГБОУ ВПО «Уральский государственный университет путей сообщения», г. Екатеринбург

Задачи, решаемые в Кластере, имеют три направления. Первое направление – объединить усилия в области развития транспортного комплекса и передовые разработки и современные системы проектирования новых продуктов. Второе направление – создать современную научно-производственную инфраструктуру для предприятий Кластера с внедрением комплексных производственно-технологических пакетов для выгодных инвестиционных вложений. И третье направление – подготовить высококвалифицированные кадры.

Для повышения конкурентоспособности предприятий, входящих в Кластер и являющимися якорными, необходима организация входного контроля и контроля выпускаемой продукции. Уровень контроля должен соответствовать требованиям, предъявляемых участниками ВТО. С этой целью предполагается создание испытательного центра «Инженерные сооружения: исследование и испытание». В его состав входят следующие лаборатории: «Металлофизические исследования», «Физико-механические испытания», «Спектральные и химико-аналитические исследования».

Задачи лаборатории «Металлофизические исследования» (рис. 2):

- исследования структурно-фазового состояния материалов;
- металлофизические исследования материалов;
- проведение арбитражных исследований;
- определение причин повреждения и разрушения деталей и узлов в процессе эксплуатации и испытаний;
- оказание технической помощи предприятиям различных отраслей.

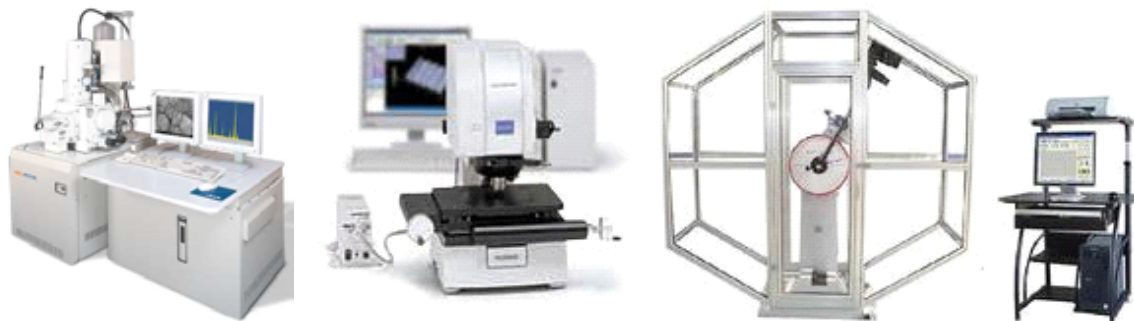


Рис. 2. Оборудование лаборатории «Металлофизические исследования»

Лаборатория «Физико-механические испытания» (рис. 3) проводит:

- статические испытания при растяжении, сжатии, изгибе, кручении;
- усталостные испытания (малоцикловая усталость, многоцикловая усталость);
- испытания на трещиностойкость;
- испытания на длительную прочность и ползучесть;
- испытания на удар;
- определение твердости;
- эрозионные испытания.



Рис. 3. Оборудование лаборатории «Физико-механические испытания»

Лаборатория «Спектральные и химико-аналитические исследования» (рис. 4) выполняет работы по:

- определению химического состава металлов, сплавов, керамических материалов, количественному содержанию серы и углерода, легирующих элементов, содержанию микропримесей, кислорода и азота в сплавах и сталях;
- проведению контроля качества партий материалов и изделий.



Рис. 4. Оборудование лаборатории «Спектральные и химико-аналитические исследования»

Одним из ключевых направлений работы Кластера является повышение качества и эффективности работ по строительству и ремонту дорожных асфальтобетонных покрытий, которые в большей мере зависят от качества дорожного битума. Благодаря дорожным добавкам, асфальтобетонные покрытия приобретают ряд ценных качеств: увеличивается устойчивость к температурным воздействиям и обратимым деформациям, увеличивается пластичность и повышается долговечность. Комплекс свойств битумных вяжущих с добавлением резиновой крошки способен обеспечить долговечность асфальтобетонных покрытий. Добавление в битум до 10% резинового порошка позволяет получать асфальтобетонные смеси, которые до двух раз улучшают все технические характеристики дорожных покрытий.

Для решения вышеуказанных задач предлага-

ется в составе Кластера строительство комплекса по утилизации и переработке изношенных шин (рис.2). Данный комплекс позволит:

- переработать до 7 тысяч тонн в год изношенных легковых и грузовых автошин с металлокордом и без него, диаметром до 1300 мм и шириной профиля до 400 мм, а также различных резиносодержащих материалов;
- получить резиновую крошку двух фракций: 50% 0,1-1мм и 50% 1,1-3мм;
- выделить текстильный и металлический корды.

Достоинствами резиновой крошки являются:

- полная экологическая безопасность;
- высокая адсорбционная способность и химическая активность;
- большая удельная поверхность и близка по свойствам к исходным каучукам.



а)



б)

Рис.5 Комплекс оборудования по утилизации (а), резиновая крошка (б)



Рис. 6. Варианты использования резиновой крошки

В настоящее время одной из почти не решаемых проблем в транспортном комплексе России является низкий уровень информативности по состоянию дорог, мостов и прочих инженерных сооружений на объектах регионального уровня (областные, муниципальные дороги и мосты). Малая информативность по таким объектам почти полностью предопределяет низкое качество сооружений и их предаварийное и аварийное состояние. Решать проблему повышения качества и надежности дорог и мостов – задача центра мониторинга.

Главной задачей центра мониторинга является разработка системы прочностного мониторинга и эксплуатации объектов автодорожной транспортной инфраструктуры как Курганской области, так и всего Уральского Федерального Округа. Результаты работы центра позволяют оценить степень соответствия несущей способности объектов автодорожной и транспортной инфраструктуры внешним воздействиям в рассматриваемый момент времени и на прогнозируемый период. В круг интересов центра мониторинга входит также разработка альтернативных стратегий по изменению состояния поврежденных объектов автодорожной транспортной инфраструктуры до проектного или требуемого уровня (ремонт, восстановление, усиление, реконструкция, замена). Предполагается, что создаваемое

предприятие должно обладать большой мобильностью и иметь в своем распоряжении комплекс современного и необходимого оборудования. Мобильность обеспечивается за счет применения передвижных дорожных и мостовых лабораторий (рис. 7).

Создаваемый Кластер позволит позиционировать на рынке: присутствие на внутреннем и мировом рынке; развитие экспорта; новые рынки для экспорта. Технологическое лидерство выражается в репутации; разработке новых продуктов, в уровне квалификации специалистов. Способность к обновлению Кластера обеспечивается показателями: образование новых фирм; повышение доли экономической активности Кластера в валовом региональном продукте. Социальный эффект в результате деятельности Кластера связан с формированием в регионе новых рабочих мест, создаваемых как на плановой основе, так и за счет синергетического эффекта, роста благосостояния работников кластеров и членов их семей.

В рамках создаваемого Кластера предполагается создание и других проектов (рис. 8), позволяющих экономике Курганской области стать более конкурентоспособной как на Российском, так и на международном рынке.



Рис. 7. Мостовые и дорожные лаборатории мониторинга Курганской области



Рис.8. Проекты: а) применение пеностеклянных материалов в дорожном строительстве; б) ветросиловые энергетические установки; в) малое мостостроение

Создаваемый Кластер позволит позиционировать на рынке: присутствие на внутреннем и мировом рынке; развитие экспорта; новые рынки для экспорта. Технологическое лидерство выражается в репутации; разработке новых продуктов, в уровне квалификации специалистов. Способность к обновлению Кластера обеспечивается показателями: образование новых фирм; повышение доли экономической активности Кластера в валовом региональном продукте. Социальный эффект в результате деятельности Кластера связан с формированием в регионе новых рабочих мест, создаваемых как на плановой основе, так и за счет синергетического эффекта, роста благосостояния работников кластеров и членов их семей.

В рамках создаваемого Кластера предполагается создание и других проектов (рис. 8), позволяющих экономике Курганской области стать более конкурентоспособной как на Российском, так и на международном рынке.

В заключении следует указать, что сформировать настоящий кластер в условиях депрессивного региона можно только с активной поддержкой государства и региональных властей путем стимулирования налогообложения, благоприятного инвестиционного климата, инфраструктуры и пр.

Список литературы

1. Портер М. Конкуренция. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. – 496 с.
2. Самуйлов В.М. Организация и управление региональной логистикой. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2011. – 41 с.
3. Стратегия социально-экономического развития Курганской области до 2020 года: [утв. распоряжением Правительства Курганской области от 2 декабря 2008 г. № 488-р]. – Курган, М., 2008.
4. Самуйлов В.М., Парышев Д.Н., Харин В.В. и др. Роль зон опережающего развития Курганской области в дальнейшем прогрессе региона // Инновационный транспорт. – 2014, № 2. – С. 51-56.
5. Парышев Д.Н., Самуйлов В.М., Харин В.В. и др. Стратегия социально-экономического развития Курганской области // Инновации и исследования в транспортном комплексе: I международная научно-практическая конференция, 23-24 мая 2013. – Курган, 2013.
6. Управления проектным циклом: руководство/Европейская комиссия. Подразделение по сотрудничеству «ЕвропЭйд». – 2007.
7. Самуйлов В.М., Гаянова М.Ш., Голубева В.А. Органи-

зация региональных логистических и складских систем (на примере Свердловской и Курганской областей). – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2011. – 80 с.

8 Карпова Д.П. Использование кластерного подхода в управлении региональной экономикой // Региональная экономика и управление: электр.науч.журн. – 2007. – №4.

9. Юшков Б.С., Агапитов Д.А. Резиновая крошка в составе битумных вяжущих для асфальтобетонных // Материалы международной научно-практической конференции «Инновации в транспортном комплексе. Безопасность движения. Охрана окружающей среды». Том 3 «Инновации в транспортном строительстве». Пермь, 28-29 октября 2010г. – 2010. – 200-203 с.

10. Gulati M. Improving efficiency of service provision – relevance of cluster approach / UNIDO – NEW DELHI, 2003, 3 December. – 2003. – <http://www.oecd.org/daf/corporate>.

11. Identification of experiences for the Exchange Fair of the World Congress on Territorial Development Clustering in the Textile Industry / Republic of Mauritius National Productivity and Competitiveness Council (NPCC). – 2003. – <http://www.oecd.org/daf/corporate>.

12. The European cluster memorandum. Promoting European Innovation through Clusters: An Agenda for Policy Action / Prepared by the High Level Advisory Group on Clusters, chaired by senator Pierre Laffitte / This work is coordinated by the Center for Strategy and Competitiveness, Stockholm School of Economics and performed under the Europe In nova Initiative of the European Commission. – 2007. – <http://www.clusterobservatory.eu>.

УДК 621.19

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ ESTIMATION OF THE ERROR OF THE FORM PARTS OF MACHINES IN THE CROSS SECTION WITH THE USE OF CORRELATION FUNCTIONS

Ключевые слова: погрешность формы, технологическая наследственность, точение, режимы обработки, скорость, подача, корреляционная функция.

Keywords: error of form, technological heredity, turning, cutting modes, speed, flow, correlation function

Аннотация

Рассматриваются вопросы оценки параметров погрешности формы деталей. Приведены результаты исследования оценки параметров погрешности формы с применением корреляционной функции. С помощью взаимной корреляции удалось выявить и взаимосвязи и подтвердить правильность высказанных предположений.

Annotation

The article deals with evaluation of parameters of the form error details. Results of research of parameters estimation error of form with the use of the correlation function. Using cross-correlation was able to identify and relationships and to confirm the correctness of the above assumptions.

Остапчук Александр Константинович

Курганский институт железнодорожного транспорта, Россия

доцент, канд. техн. наук заведующий кафедрой ОПД

Рогов Евгений Юрьевич,

Курганский институт железнодорожного транспорта, Россия, инженер,

Овсянников Виктор Евгеньевич,

«Курганский государственный университет», Россия, канд.техн.наук, доцент

Оценка погрешности формы деталей машин в поперечном сечении достаточно сложная задача, ввиду того, что на результат оказывают влияние погрешности установки и смещение измеряемой поверхности (эксцентриситет). Одним из эффективных путей исключения данных погрешностей является использование аппарата Фурье-анализа, который позволяет исключая соответствующие гармоники оценить параметры погрешности формы в поперечном сечении без указанных выше погрешностей [1, 2]. Однако процесс вычислений в данном случае достаточно трудоемкий и сложный, следовательно, Фурье-анализ для оценки параметров погрешности формы будет затруднительно применять в случае оперативной диагностики погрешности формы при обработке на станке.

Таким образом, целью работы является разработка метода оценки погрешности формы деталей машин в поперечном сечении, требующего меньших вычислительных затрат чем метод, основанный на Фурье-анализе, но обладающего такой же информативностью и точностью.

Одним из перспективных решений является применение корреляционного анализа. Подтверждением этого является эффективность использования корреляционных функций при описании профиля шероховатости [2, 3]. В данном случае профиль детали в поперечном сечении можно описать следующим выражением [3]:

$$K_{xx}(\tau) = 0,5A^2 \cos \frac{2\pi}{T\beta} \tau + D_\gamma e^{-\alpha\tau^2}, \quad (1)$$

Корреляционная функция профиля должна быть представлена системой параметров, установленных ГОСТ 24642-81.

Для расчета корреляционной функции профиля необходимо через параметр отклонения от круглости F_a выразить следующие величины:

- дисперсию случайной составляющей

$D_\gamma = K_\gamma(0)$ равную значению корреляционной функции при $\tau = 0$.

- коэффициент затухания корреляционной функции случайной компоненты α ;

- амплитуду систематической составляющей A ;

- шаг систематической составляющей T_β .

Геометрическая интерпретация корреляционной функции приведена на рис. 1:

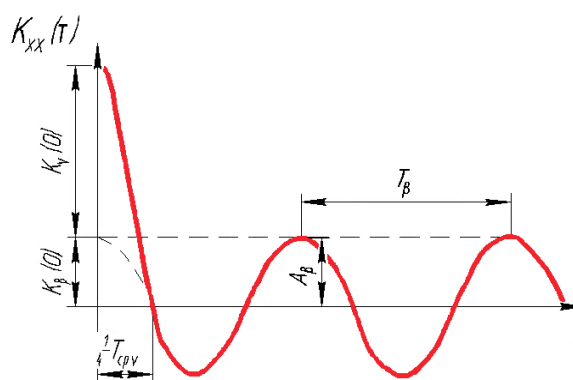


Рис. 1. Геометрическая интерпретация корреляционной функции

Для расчета корреляционной функции профиля поверхности необходимо через параметр поверхности отклонение от круглости F_a выразить следующие величины:

- дисперсию случайной составляющей

$D_\gamma = K_\gamma(0)$ равную значению корреляционной функции при $\tau = 0$.

- коэффициент затухания корреляционной функции случайной компоненты α ;

- амплитуду систематической составляющей A ;

- шаг систематической составляющей T_β .

При токарной обработке на профиль в поперечном сечении доминирует случайная составляющая. Корреляционная функция этой составляющей с достаточной точностью аппроксимируется выражением

$$K_{xx}(\tau) = D_\gamma e^{-\alpha\tau^2} \quad (2)$$

При $\phi=0$ имеем:

$$K_{xx}(\tau) = K_{xx}(0) = D_\gamma = F_q^2 \approx 1,5F_a^2 \quad (3)$$

В конечном виде корреляционная функция профиля имеет вид:

$$K_{xx}(\tau) = \gamma F_q^2 e^{-\frac{2\pi^2}{\gamma} \left(\frac{1}{S_m^2} - \frac{1-\gamma}{2T_\beta^2} \right) \tau^2} \cdot \cos \frac{2\pi}{S_m} \tau, \quad (4)$$

где T_β – шаг случайной составляющей, S_m – шаг систематической составляющей.

Для экспериментального подтверждения производилось определение корреляционной функции по данным измерений на реальных деталях [4 - 6]. В данном случае значения искомой функции определяются следующим образом:

$$C_{xx} = \frac{1}{N-1} \times \sum_{i=0}^{N-1} ((x_i - m_x) \times (x_{i+\tau} - m_x)), \quad (5)$$

где m_x - среднее значение величины; σ_x^2 - дисперсия величины.

В качестве данных для анализа использовались измеренные профили реальных деталей, полученные в результате обработки точением: скорость резания V от 100м/мин до 300м/мин, подача S от 0,01мм/об до 0,21мм/об, глубина резания t от 0,25мм до 1,5мм.

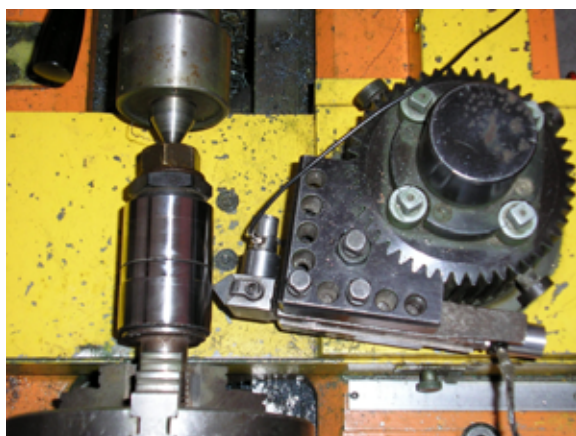


Рис. 2. Стенд

В качестве режущего инструмента использовались стандартные токарные резцы с механическим

креплением режущих пластин из наиболее распространенных в производстве твердых сплавов Т15К6, ВК8, ВК60.

Для измерения и анализа виброакустических колебаний включает приборы и регистрирующую аппаратуру приемный преобразователь, усилитель, блок фильтров, комплекс анализа вибросигналов ZetLab (ЗАО «Электронные технологии и метрологические системы»).

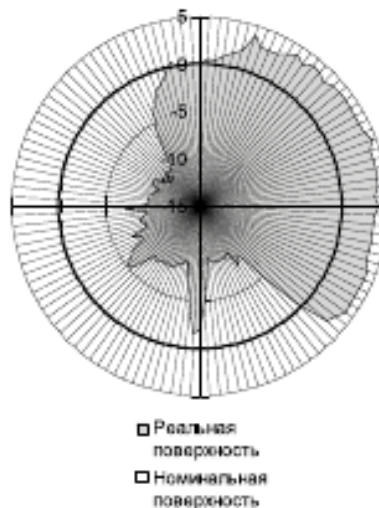


Рис. 3. Отклонение от реального размера $n=1000$ об/мин; $S=40$ мм/об

Вычисление значений функции (5) производилось в специально разработанной компьютерной программе, см. рис. 4 [7].

Суждение о применимости рассматриваемого аппарата производилось посредством определения взаимной корреляции между оценками погрешности формы посредством Фурье анализа [1, 2, 8, 9, 10] и описания, полученного с использованием выражений (4, 5), которые вычислялись на основе экспериментальных данных. Расчеты показали, что коэффициент взаимной корреляции достигает 0.8 (см. рис. 5), что говорит о сильной взаимосвязи и подтверждает правильность высказанных предположений.

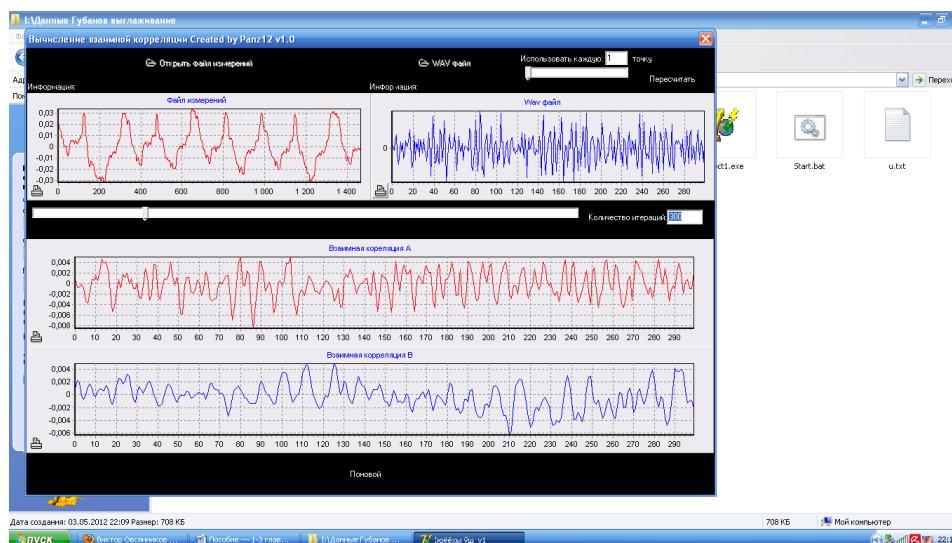


Рис. 4. Интерфейс программы

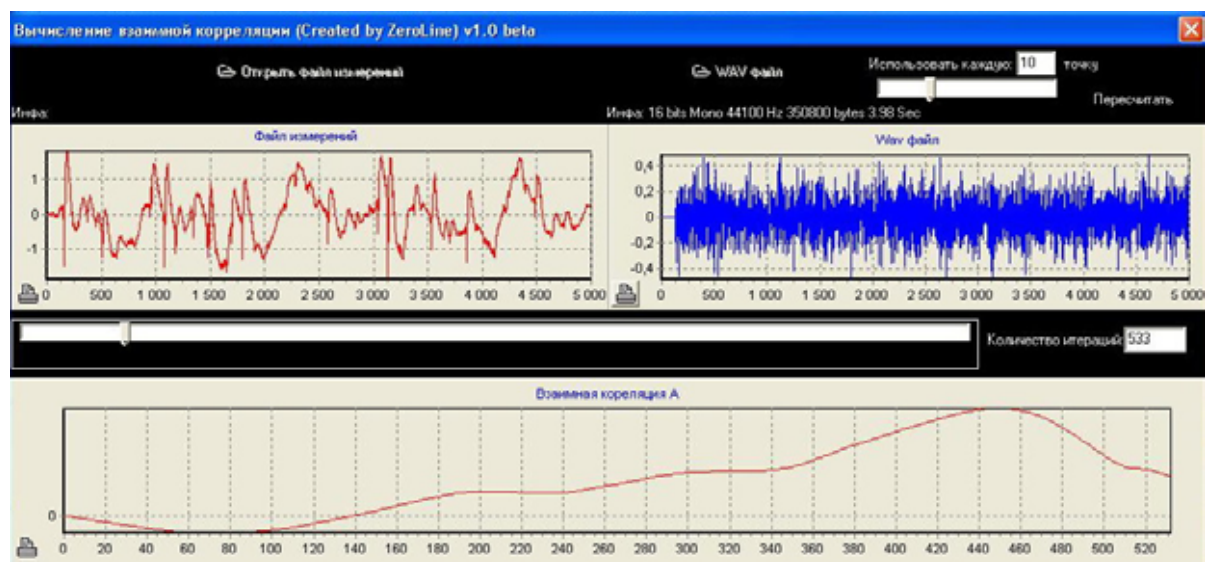


Рис. 5 Результат расчетов взаимной корреляции

Список литературы

1. Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю. Метод оценки погрешности формы деталей гидравлических систем транспортных машин // Транспорт урала, №2, 2011. - С. 38-41.
2. Остапчук А.К., Овсянников В.Е., Рогов Е.Ю. Применение теории случайных процессов для моделирования параметров качества поверхности // Транспорт урала, №2, 2011. - С. 41-46.
3. Остапчук А.К., Овсянников В.Е. Научные основы обеспечения шероховатости поверхности на базе анализа случайных процессов: Монография. – Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012. - 188 с.
4. Зырянов В.В. Методы оценки адекватности результатов моделирования [электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, №2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2013/1707> (доступ свободный) Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Квочкин А.И., Никитин А.В., Игнатъев В.К. Параметрический метод измерения разности фаз квазигармонических сигналов [электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1749> (доступ свободный) Загл. с экрана. – Яз. рус.
6. Овсянников В.Е., Губанов В.Ф., Марфицын В.В. Инновации при выглаживании с жестким креплением индентора: Монография. – Lambert academic publishing, Germany, Saarbrücken, 2012. – 224 с.
7. «Вычисление взаимной корреляции v1.0»: свидетельство об отраслевой регистрации разработки №10387 / А.К. Остапчук, В.Е. Овсянников, Е.Ю. Рогов. - № 50200800796; заявл. 11.04.2008; опубл. 11.04.2008; Инновации в науке и образовании №4(39). с. 12
8. Bertsekas D.P., Shreve S.E. Stochastic Optimal Control. The Discrete-Time Case. – Athena Scientific, Belmont, Massachusetts, 2006. 330 p.
9. Bertsekas D.P., Shreve S.E. Athena Scientific; 1 edition (February 1, 2007). - 330 p.
10. Stidham S. A. Discounted Analog and a New Proof // Operation Research. - 1972. -Vol. 29. - P. 1115-1126.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1. ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТА И ЕГО ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Бондаренко А.И., Митцель Н.А., Пелипенко Е.С. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТОРМОЖЕНИЯ ТРАКТОРА FENDT 936 VARIO	6
Волков Г.Ю., Курасов Д.А., Колмаков С.В. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ЦЕНТРОИДНЫХ МЕХАНИЗМОВ, АДАПТИРОВАННЫХ К 2D-ТЕХНОЛОГИЯМ	10
Галин Д.Р., Горбунов А.А., Дмитренко В.М. КОНТРОЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ АВТОМОБИЛЯ	12
Куликова Е.А., Головин А.А. ИСПЫТАНИЕ УСТРОЙСТВ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ	14
Головин Д.В., Косолапов А.И., Горбунов А.А., Дмитренко В.М. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ЗАРЯДНОГО БАЛАНСА АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА	18
Гольцов В.С., Байболов Т.С. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ СМЕШИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЧЕРЕЗ СИСТЕМУ ПЛАНОВО-ПРЕ- ДУПРЕДИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА	21
Дубровский А.Ф., Рождественский Ю.В., Дубровский С.А., Дубровская О.А. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА АДАПТИВНОГО АМОРТИЗАТОРА	24
Кардаполов А.А. ПРОБЛЕМА ЗАЩИТЫ ПРОВОДОВ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ОТ ГОЛОЛЕДА И ЕЁ РЕШЕНИЕ НА ЭТАПАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА	27
Клепцов Е.И., Пономарев В.М. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПУСКА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	30
Ковалев А.А. РАСЧЕТЫ ИНФРАСТРУКТУРНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ ТОКОСЪЕМА НА ПРОТЯЖЕНИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	33
Конов А.А. ПЕРЕПОДГОТОВКА РАБОЧИХ КАДРОВ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ УРАЛА В ПЕРИОД ИНТЕНСИВНОЙ МОДЕРНИЗАЦИИ	38
Король Р.Г. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА СТРУКТУРНО-ПЛАНИРОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕРМИНАЛА «СУХОЙ ПОРТ»	43
Корытов М.С., Камуз Н.А. УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ ВЫРЫВАНИЯ ИЗ ГРУНТА БУРО-ВИНТОВОЙ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЙ ОПОРЫ СТРОИТЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА ОТ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗА	47
Попцов В.В., Кравченко С.В., Шуплецова В.Е. ФОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСА РЕМОНТНЫХ РАБОТ ДВИГАТЕЛЯ ЯМЗ-240 ПО РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОМЕРНОЙ ТАКСОНОМИИ	52
Овсянников В.Е. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА	54
Парышев Д.Н., Харин В.В., Копырин В.И., Остапчук А.К., Кузнецова Е.М. РАСЧЕТ ДОЛГОВЕЧНОСТИ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ ПРОЦЕССЕ НАГРУЖЕНИЯ	55
Парышев Д.Н., Харин В.В., Копырин В.И., Остапчук А.К., Кузнецова Е.М. АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КONTИНУУМА ОТДЕЛЬНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ КОЛЕБАНИЙ АВТОМОБИЛЯ	59
Парышев Д.Н., Харин В.В., Копырин В.И., Остапчук А.К., Кузнецова Е.М. ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВИБРОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ С НЕЛИНЕЙНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ	61
Парышев Д.Н., Харин В.В., Копырин В.И., Остапчук А.К., Кузнецова Е.М. ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТЕЙ В ПОДВЕСКАХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРОЦЕСС КОЛЕБАНИЙ	66

Щербаков В.С., Корытов М.С., Вольф Е.О. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ КРЮКОВОЙ ОБОЙМЫ МОСТОВОГО КРАНА ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЦИФРОВОЙ ФОТОВИДЕОСЪЕМКИ	69
Абгарян А.М., Филькин Н.М. СТЕНД ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПАРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ	72
Белинский С.О. ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	74
Буторин В.А., Гусейнов Р.Т., Юлбаев Р.В., Силков М.С. ПЛАНИРОВАНИЕ СТЕНДОВЫХ РЕСУРСНЫХ ИСПЫТАНИЙ УПОРНОГО ПОДШИПНИКОВОГО УЗЛА И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ	80
Васильева М.С., Павлова П.В., Пьянкова К.Ю., Смолин В.Н. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРЕВОЗКИ ПассажиРОВ НА МУНИЦИПАЛЬНЫХ И ЧАСТНЫХ МАРШРУТАХ Г. ЧЕЛЯБИНСКА	83
Горбунов А.А., Зотов И.А., Колегов Д.Ю., Дмитренко В.М. АПГРЕЙД ПУСКО-ЗАРЯДНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ	90
Горчаков Ю.Н., Журов М.А. ФОРСИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ ВПРЫСКА ЗАКИСИ АЗОТА	92
Имангулов А.Р., Филькин Н.М., Музафаров Р.С. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРАНСМИССИИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ	94
Кочетков А.В., Янковский Л.В. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ДОРОЖНОЙ НАУКИ	97
Кочетков А.В., Федотов П.В. СИЛЫ ИНЕРЦИИ	106
Кочетков А.В., Янковский Л.В. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ	111
Крючков М.Т., Конов А.А. СОЦИОКУЛЬТУРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ УРАЛА В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ	114
Мишкин А.А., Носырев Д.Я. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА НА БОРТУ ЛОКОМОТИВА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ НА ТОПЛИВЕ, ОБОГАЩЕННОМ ВОДОРОДОМ	119
Монтик С.В. АНАЛИЗ МЕТОДИК МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.	124
Новосёлов В.Л. ФУНКЦИОНАЛЬНО-ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЛОЖНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГРУЗОВОЙ СТАНЦИИ С РАЗГРУЗКОЙ ПОЛУВАГОНОВ НА ПОВЫШЕННОМ ПУТИ	128
Кокодеев А.В., Овчинников И.Г. ПОДВОДНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ МОСТОВ	133
Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Чесноков Г.В., Покулаев К.В., Татиев Д.А. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ, УСИЛИВАЕМЫХ ФИБРОАРМИРОВАННЫМИ ПЛАСТИКАМИ	141
Овчинников И.Г., Овчинников И.И., Чесноков Г.В., Покулаев К.В., Татиев Д.А. О РАЗРАБОТКЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО УСИЛЕНИЮ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМПОЗИТНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ	151
Черных В.К., Мигунов В.Н. ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ КОРОЗИОННОГО ИЗНОСА ТРУБЧАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УЧИТЫВАЮЩЕЙ ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НАГРУЖЕНИЯ	157
Муравьев И.С., Нуждин С.Г. МЕТОД И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ НАВЫКА ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ЗАХОДЕ НА ПЛОЩАДКУ ВНЕ АЭРОДРОМА	160
Лобаев Н.В., Овчинников И.Г., Окунева Е.Ю., Овчинников И.И. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТАРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	164
Поготовкина Н.С., Мялковский Б.И.	

ЗАМЕНА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОЗКИ УГЛЯ	172
Пожидаев С.П. ЕЩЁ РАЗ О РАДИУСАХ ЭЛАСТИЧНОГО КОЛЕСА	173
Пожидаев С.П. АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ УДЕЛЬНОЙ МАССОЙ И ДИНАМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ АВТОМОБИЛЕЙ	176
Пожидаев С.П. НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ МАСШТАБНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПОРШНЕВЫХ МАШИН	179
Полянский А.В. НЕЙРОСЕТЕВОЙ МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА ВОЗВЕДЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА	184
Попова Ю.В. К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ.	187
Проценко Г.Г., Тимошенко О.О. АНАЛИЗ И ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БЕЗНАПОРНЫХ ТРУБ	190
Санькова Г.В., Одуденко Т.А. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ПОЛИГОНЕ.	193
Ушаков Ю.Ю. РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ СТАНДАРТОВ НА РЕМОНТ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ В ОАО «РАЗРЕЗ ТУГНУЙСКИЙ»	196
Попов И.П., Чарыков В.И., Соколов С.А., Попов Д.П. ВЛИЯНИЕ ИНЕРТНОЙ НАГРУЗКИ НА РЕАКТИВНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ.	199
Чарыков В.И., Соколов С.А., Копытин И.И. ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КОНЦЕНТРАТОРА МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЖЕЛЕЗООТДЕЛИТЕЛЯ	201
Милюшенко С.А., Шерстнев Н.С. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА УКЛАДКИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ АСФАЛЬТОУКЛАДЧИКОМ	205
Земляной А.А., Долгушин В.А., Голофаст С.Л. СПЕЦИФИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В КОЛТЮБИНГОВЫХ ТРУБАХ МАЛОГО ДИАМЕТРА	207

СЕКЦИЯ 2. ТРАНСПОРТНАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Алферова И.Д., Городокин В.А. О НЕКОТОРЫХ ПРОБЛЕМАХ ОРГАНИЗАЦИИ ЛЕВЫХ ПОВОРОТОВ НА МНОГОПОЛОСНЫХ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕКРЕСТКАХ ПОД УПРАВЛЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ	212
Булычев М.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ПАССАЖИРОВ В ВАГОНЕ С МЕСТАМИ ДЛЯ СИДЕНИЯ ПРИ БОЛЬШИХ СКОРОСТЯХ СОУДАРЕНИЯ	218
Гайфуллин В.М. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА НАЕЗДА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА НА ПЕШЕХОДА В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ВИДИМОСТИ	222
Гриценко А.В., Глемба К.В., Ларин О.Н. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ И ВОПРОСЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ДВС АВТОТРАНСПОРТА В РАБОЧЕМ И ТЕСТОВОМ РЕЖИМАХ	225
Инжеватова А.Ю. СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА ЗА СЧЕТ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФОТБОРА	231
Калёнов В.Е., Калёнова О.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БЕЗОШИБОЧНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПИЛОТА В СИСТЕМЕ «ЭКИПАЖ – ВОЗДУШНОЕ СУДНО» ПРИ ОТКАЗЕ ОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПОЛЁТЕ	234
Косяков С.А., Поготовкина Н.С. АВТОМОБИЛИЗАЦИЯ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ	

В КРУПНЫХ ГОРОДАХ РОССИИ	239
Мамбур Е.И., Будынкoв В.И.	
ПРИМЕНЕНИЕ ГИРОСКОПИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ КОЛЕБАНИЙ	
БАЛКИ ЖЕСТКОСТИ В МОСТАХ С БОЛЬШИМИ ПРОЛЕТАМИ	240
Манило И.И., Тютрин С.Г., Клочков А.С., Городских А.А., Андрюкова Н.А.	
ОСОБЕННОСТИ ХОЛОДНОЙ ПРАВКИ КАРДАННЫХ ВАЛОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ	
СРЕДСТВ НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССАХ	243
Манило И.И., Тютрин С.Г., Клочков А.С., Городских А.А., Андрюкова Н.А.	
МОНИТОРИНГ ТРЕЩИН КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	
И НАВЕСНЫХ ОРУДИЙ К НИМ	246
Манило И.И., Тютрин С.Г., Клочков А.С., Городских А.А., Андрюкова Н.А.	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ХОЛОДНОЙ ПРАВКИ ТОРСИОННЫХ ВАЛОВ	
НА ОСНОВЕ АКУСТО-ЭМИССИОННОГО МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ	249
Михеев Е.М., Варанкин И.И., Карев А.А., Угай С.М.	
ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ЭКОЛОГИЮ	252
Морозова В.С., Гун В.С., Поляцко В.Л.	
ВОЗМОЖНОСТЬ ОДНОВРЕМЕННОГО СНИЖЕНИЯ CO , C_NH_M И NO_x ТРАНСПОРТНЫХ	
СРЕДСТВ ВОЗДЕЙСТВИЕМ РАЗНОПОЛЮСНОГО МАГНИТНОГО ПОТОКА	
НА КОМПОНЕНТЫ ТОПЛИВОВОЗДУШНОЙ СМЕСИ	253
Пригородова Т.Н.	
ПРОТЯЖЕННЫЙ ОТСОС С ТАНГЕНЦИАЛЬНЫМ ВХОДОМ ВОЗДУХА	257
Прокофьева Н.Г.	
УТИЛИЗАЦИЯ УГЛЕВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ	
В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	260
Пугин К.Г., Юшков В.С.	
СНИЖЕНИЕ АВАРИЙНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ЗА СЧЕТ	
ЦВЕТНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА	264
Чарыков А.В.	
ПРИОРИТЕТ СПЕЦИАЛИСТА ПРИ РАССЛЕДОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АВАРИЙ	265
Юшков В.С., Юшков Б.С.	
ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДОРОЖНОЙ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ РАЗМЕТКИ И ВИБРОПОЛОСА	
КАК ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ	268
Аккерман Г.Л., Скутин Д.А.	
ПРИМЕНЕНИЕ ПЛИТНОГО ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ	
ТРАНСПОРТЕ	271
Аккерман Г.Л., Скутина М.А., Чернушевич Т.К.	
МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ БЕССТЫКОВОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ	273
Держанский В.Б., Тараторкин А.И., Карпов Е.К., Волков А.А.	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ	
БЫСТРОХОДНОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ	276
Тараторкин А.И., Держанский В.Б., Тараторкин И.А., Трусевич И.А.	
ПОВЫШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ФРИКЦИОННЫХ ДИСКОВ	
ТРАНСМИССИЙ ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН	280
Тимофеева Л.М., Гейзен Р.Е.	
ОЦЕНКА КОНСТРУКТИВНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ	288
Филатов А.А.	
ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЧНОСТНОЙ НАДЕЖНОСТИ ГАЗОПРОВОДА ИСХОДЯ	
ИЗ УСЛОВИЙ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ	291
Чарыков В.И., Газиев А.Х., Копытин И.И.	
УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ СЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ ОТ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ	276

СЕКЦИЯ 3. ЭКОНОМИКА, БИЗНЕС И УПРАВЛЕНИЕ В ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Альметова З.В., Ларин О.Н.	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ ОБЪЕМОВ ПАРТИЙ ПОСТАВОК В	
МЕЖТЕРМИНАЛЬНЫХ СООБЩЕНИЯХ.	300
Богданова И.В., Каверина Э.В.	
ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ	
НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЕГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА	302

Вздорнова Л.С. ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЙ МАЛОГО БИЗНЕСА ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА И ЭТАПЫ ИХ СТАНОВЛЕНИЯ	305
Горяев Н.К. ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ В ТОКИО	307
Гудков П.А. КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ КАЧЕСТВА И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОДУКЦИИ.	310
Жидкова М.А. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛЕГКОВОГО ТАКСОМОТОРНОГО ТРАНСПОРТА	311
Зигангареев М.Р. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ, БАЗИРУЮЩЕГОСЯ НА ВОССТАНОВЛЕНИИ ИХ ДЕТАЛЕЙ И АГРЕГАТОВ.	314
Кузнецов Е.В., Селина О.В. ХАРАКТЕРИСТИКА ИННОВАЦИОННОГО ВЕКТОРА РАЗВИТИЯ КОМПАНИИ ОАО «РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ »	316
Осипян И.Ю. ТРУДОВАЯ АДАПТАЦИЯ РАБОТНИКА КАК ОДНО ИЗ ВАЖНЕЙШИХ НАПРАВЛЕНИЙ РАБОТЫ С ПЕРСОНАЛОМ	318
Половникова Ю.А. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА.	321
Полякова Т.Ю. ПРОБЛЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА НА ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ХОЛДИНГА «РЖД»	324
Селина О.В., Горшкова Н.Н. АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОАО «РЖД» НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ХОЛДИНГА	326
Текутьев Л.А. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИНДЕКС КЛИЕНТСКОЙ ЛОЯЛЬНОСТИ.	331
Шепелёв В.Д., Шеломенцев В.А. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ДОСТАВКИ ЗЕРНА С ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО РЕГИОНА В МОРСКОЙ ПОРТ Г. НОВОРОССИЙСКА	332
Шмидт А.О. БУДУЩЕЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В РОССИИ	335
Вавилова Е.Н., Горяева И.А. ЗАВИСИМОСТЬ СЕБЕСТОИМОСТИ РЕМОНТА ОТ ВОЗРАСТА ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ДЛЯ МЕЖДУГОРОДНИХ ПЕРЕВОЗОК	340
Стародумов И.В. ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ИННОВАЦИЙ НА РАЗВИТИЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ	342
Чарыков В.И., Газиев А.Х., Яковлев А.И. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ СЕПАРАТОР УМС -2: ОТ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДО КОНСТРУКЦИИ	343
Найданова Д.А., Мальцева А.И., Глухова Д.И., Багрецов Н.И. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПОЕЗДА «КУРГАНСКИЙ ПРИГОРОДНЫЙ ВОКЗАЛ – СТАНЦИЯ ПРЕСНОГОРЬКОВСКАЯ»	346
Шаршин А.В., Капанова К.И., Кокарева Л.М. ПРОЕКТ ПО ВВЕДЕНИЮ ДЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО АВТОБУСА НА УЧАСТКЕ КУРГАН–ПРЕСНОГОРЬКОВСКАЯ»	349
Вяткин И.А., Хмелев С.А., Вяткин А.И. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ СТАБИЛЬНОГО ФОРМИРОВАНИЯ КОЛЬЦЕВОГО МИКРОРЕЛЬЕФА (КМР)	353
Кравченко О.А. БИКЛОТОИДНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДИНОЧНЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ ПРИ ПОМОЩИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	358
Парышев Д.Н., Самуйлов В.М., Фирстов С.В., Копырин В.И., Остапчук А.К., Моисеев О.Ю., Харин В.В. КОНЦЕПЦИЯ КЛАСТЕРНО-МОДУЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ	360

Овчинников И.И., Парышев Д.Н., Миронов М.Ю., Овчинников И.Г., Моисеев О.Ю., Снегирев Г.В., Черных В.К.	
ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ СТАЛЬНЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МАЛЫХ И СРЕДНИХ МОСТОВ С УЧЕТОМ КОРРОЗИОННОГО ПРОЦЕССА	362
Остапчук А.К., Шашков А.И., Тютнеев А.Е., Михалищев А.Г.	
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА И АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ	374
Остапчук А.К., Кузнецова Е.М.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИБРАЦИЙ НА ПРОДОЛЬНУЮ ШЕРОХОВАТОСТЬ	379
Остапчук А.К., Шашков А.И., Тютнеев А.Е., Михалищев А.Г.,	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ВИБРОСИГНАЛА ОТ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	381
Остапчук А.К., Кузнецова Е.М.	
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	384
Парышев Д.Н., Моисеев О.Ю., Копырин В. И., Самуйлов В.М., Неволин Д. Г., Харин В.В., Остапчук А. К.	
КЛАСТЕРНЫЙ МЕХАНИЗМ КАК ФУНДАМЕНТ РОСТА ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РЕГИОНА	388
Остапчук А.К., Rogov E.Yu., Овсянников В.Е.	
ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ ФУНКЦИЙ	395

ИННОВАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Материалы второй международной научно-практической конференции

Фото, дизайн В. Бухров (союз фотохудожников России)

Подписано в печать 3.06.2014
Печать офсетная
Заказ № 13260

Формат 60*84 1/8
Усл. печ. л. 51
Тираж 300

Бумага мелованная
матовая 115 г/м²
Уч.-изд. л. 51
