

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный университет путей сообщения»
(УрГУПС)

На правах рукописи

КАМАРЕТДИНОВА Гузаль Арсеновна

**ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ
ВАГОНОВ НА МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СТЫКОВОМ ПУНКТЕ
В УСЛОВИЯХ РИСКОВ**

Специальность 05.02.22 – Организация производства
(транспорт, технические науки)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Доктор технических наук,
доцент
Сирина Нина Фридриховна

Екатеринбург – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ. ПОНЯТИЕ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ	11
1.1. Анализ технического состояния грузовых вагонов	11
1.2. Понятие «риск», основные виды рисков	19
1.3. Классификация рисков на межгосударственном стыковом пункте	26
1.4. Методы оценки и управления рисками	29
Выводы по главе 1	38
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ	39
2.1. Основные предпосылки и направления разработки математической модели технического обслуживания вагонов	39
2.2. Обоснование использования теории массового обслуживания при разработке модели обслуживания вагонов	47
2.3. Математическое представление грузового вагона в системе межгосударственного стыкового пункта	55
2.4. Математическая модель организации технического обслуживания состава с грузовыми вагонами на пункте	61
Выводы по главе 2	70
ГЛАВА 3. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СТЫКОВОМ ПУНКТЕ	72
3.1. Обоснование показателей работы межгосударственного стыкового пункта	72
3.2. Разработка имитационной модели организации обслуживания вагонов на межгосударственном стыковом пункте	77

3.3. Моделирование сценариев обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте	84
Выводы к главе 3	91
ГЛАВА 4. МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СТЫКОВОМ ПУНКТЕ	92
4.1. Управление рисками в организационно-техническом процессе обслуживания на межгосударственном стыковом пункте	92
4.2. Интегральная оценка показателей организации технического обслуживания вагонов межгосударственного стыкового пункта	98
4.3. Исследование на модели работы межгосударственного стыкового пункта	102
4.4. Результаты исследований на математической модели работы межгосударственного стыкового пункта	109
Выводы к главе 4	113
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	115
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	119
Приложение А. Результаты расчетов оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта	134
Приложение Б. Результаты расчетов оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта	135
Приложение В. Результаты комплексной оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта	137
Приложение Г. Свидетельства о регистрации программных продуктов по теме диссертационного исследования	140
Приложение Д. Акт внедрения результатов использования модели и программных продуктов, разработанных в диссертационной работе	143

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Высокие показатели международных грузоперевозок посредством железнодорожного транспорта отражают эффективные взаимоотношения между РФ и государствами-участниками содружества по железнодорожному транспорту. Показателями железнодорожных грузоперевозок в международном сообщении являются: объем перевезенного груза в импортном, экспортном и транзитном сообщениях, грузооборот, средняя дальность перевозок, число отцепленных по техническим неисправностям грузовых вагонов и т. д. За результаты последних показателей отвечают сотрудники специализированных производственных предприятий – межгосударственные стыковые пункты (МГСП). Характеристиками деятельности рассматриваемых пунктов являются число принятых и сданных вагонов по государственным стыкам, количество отцепленных вагонов по техническим неисправностям в экспортном, импортном и транзитном сообщениях, а также длительность простоев вагонов в текущем отцепочном ремонте за определенный промежуток времени. Возможность влияния на первые два показателя существует в рамках технического обслуживания вагонов. Процесс технического обслуживания вагонов, как и другие сферы деятельности, подвержен воздействию внешних и внутренних факторов, наносящих негативные последствия, но и способствующих повышению эффективности. Такие факторы, как проведение ремонтных работ на территориях сопредельных государств с неравноценной заменой узлов и деталей вагонов, выявляются при проведении технического обслуживания на МГСП. Возникновение отказа вагона в процессе эксплуатации носит вероятностный характер, следовательно, подлежит постоянному контролю и оценке технического состояния, в случае неисправности конструктивных элементов с восстановлением в объеме текущего либо планового ремонта – отцепляется. События такого характера способствуют снижению производительности и негативно сказываются на показателях работы процесса технического обслуживания, что указывает на влияние технических рисков. Возникает потребность в исследовании природы рисков, связанных с производственными показате-

лями межгосударственного стыкового пункта, ранее еще не изученными. Результаты исследований позволят рационально управлять техническими рисками, тем самым повышая эффективное функционирование пунктов.

Степень разработанности темы диссертации. Исследования проблем функционирования и совершенствования организации производства обслуживания и ремонта вагонов проводились научными коллективами ВНИИЖТ, МИИТ, УрГУПС, РГУПС, ПГУПС, ДВГУПС, ИрГУПС, СамГУПС, ОмГУПС. Важнейший вклад в решение этих проблем внесли известные ученые А. Ю. Абраменко [1], А. А. Аксенчиков [4], Л. Б. Вологодина [31], Е. П. Гурский [41–42], А. П. Дементьев [43], В. В. Зубков [51], Ли Хын Себ [83], Лхамжавын Болд [85], Ф. А. Мажидов [86], И. Г. Морчиладзе [90], Д. Г. Налабордин [91], С. В. Петров [96], Г. В. Райков [104–106], А. Н. Рахмангулов [107], О. В. Речкунова [108], М. А. Савченко [110], Н. Ф. Сирина [113–117], Ф. И. Сухов [119], А. В. Третьяков [120], П. А. Устич [121–125], Н. Г. Шабалин [126], Д. И. Шикина [127], М. Е. Юшков [128].

Результаты исследований в области оценки вероятностных переходов и управления рисками были изучены в работах следующих отечественных и зарубежных ученых: М. А. Балбаев [14], А. А. Быков [19–21], А. Г. Быкова [22], Е. В. Васильев [23], Е. С. Вентцель [24–25], О. И. Веревкина [26–28], В. А. Гапанович [33], И. Д. Громов [34], А. М. Евтеев [46], В. А. Золотов [51], Д. Кокс [75], А. В. Кондрашин [76], Е. А. Коновалова [77–78], В. В. Косенков [79], О. Н. Костина [80], Б. И. Кузьмин [81], Н. В. Кузьминова [82], Е. А. Русакова [110], Н. С. Степанов [119], А. А. Шерех [127] и др. Результаты анализа литературных источников в области рисков показывают, что наиболее проработан этот вопрос в финансовой и страховой отраслях.

Анализ объемных показателей работы межгосударственных стыковых пунктов показал, что влияние риска несвоевременно выявленной неисправности вагона на 20 % снижает показатели работы МГСП, что доказывает необходимость в улучшении организации технического обслуживания вагонов.

В диссертации предложены научные основы организации производства обслуживания вагонов межгосударственного сообщения, оценка и управление рисками нарушения показателей работы пунктов применительно к современным условиям.

Цель диссертационной работы заключается в организации технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте в условиях риска пропуска неисправных вагонов, нарушения пропускной способности за счет совершенствования норм оценки технического состояния грузовых вагонов.

Для достижения поставленной цели потребовалось решение следующих задач:

1. Выполнить анализ функционирования межгосударственного стыкового пункта, выявить связь с техническим состоянием грузовых вагонов и разработать классификацию рисков.

2. Разработать математическую модель функционирования межгосударственного стыкового пункта, позволяющую оценить параметры технического состояния обслуживаемых грузовых вагонов.

3. Разработать имитационную модель организации технического обслуживания грузовых вагонов в условиях выявления риска неисправностей в конструктивных элементах.

4. Разработать методику управления рисками на основе комплексной оценки показателей функционирования межгосударственного стыкового пункта.

Объект исследования: процесс технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте.

Области исследования: техническая диагностика технического состояния грузовых вагонов в процессе обслуживания, вероятностная оценка показателей функционирования межгосударственного стыкового пункта, комплексная оценка объемных показателей работы пункта, управление рисками отказов функционирования межгосударственного стыкового пункта.

Предметом исследования является анализ и численная оценка рисков, воздействующих на организацию обслуживания вагонов.

Методология и методы исследования. В ходе научного исследования использовались общепризнанные положения научных методов псевдосостояний, обслуживания с поглощением, основанных на теориях: рисков, систем, графов, вероятностей, массового обслуживания, Марковских процессов, а также систем сбалансированных показателей.

Научная новизна состоит в установлении математической связи, которая отражает влияние риска отказа технического состояния вагона на параметры функционирования межгосударственного стыкового пункта и управление рисками отказов. Получены следующие результаты:

1. Предложена классификация рисков, воздействующих на организацию обслуживания вагонов и влияющих на качество функционирования межгосударственного стыкового пункта.

2. Разработана математическая модель функционирования межгосударственного стыкового пункта, зависящего от технического состояния обслуживаемых грузовых вагонов.

3. Разработана имитационная модель оценки характеристик организации обслуживания вагонов на межгосударственном стыковом пункте с формированием матрицы рисков.

4. Разработана методика управления рисками на основе комплексной оценки показателей функционирования межгосударственного стыкового пункта.

Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования. Теоретическая значимость работы состоит в разработке математической модели функционирования межгосударственного стыкового пункта и установления математической зависимости показателей работы пункта от состояния вагонов.

Практическая значимость работы состоит в том, что результаты проведенных исследований могут использоваться в организации производства технического обслуживания вагонов с целью оценки и прогнозирования нанесения вероят-

ностного события, заключающегося в отказе вагонов и влиянии на показатели работы межгосударственного стыкового пункта.

Положения, выносимые на защиту:

1. Классификационная схема технических рисков, воздействующих на организацию обслуживания вагонов и влияющих на качество функционирования межгосударственного стыкового пункта.

2. Математическая модель функционирования межгосударственного стыкового пункта, зависящего от технического состояния обслуживаемых грузовых вагонов.

3. Имитационная модель оценки рисков выявления технически неисправных вагонов в процессе обслуживания и влияние на показатели работы межгосударственного стыкового пункта с формированием матрицы рисков.

4. Методика управления рисками на основе комплексной оценки показателей функционирования межгосударственного стыкового пункта.

Степень достоверности результатов обеспечивается рациональным и корректным применением актуальных и общепризнанных научных методов и теорий исследования. Подтверждением этому служат сопоставимые результаты теоретических и экспериментальных исследований с возможностью практического использования на предприятии железнодорожного транспорта. Предложенные в диссертации научные положения о процессах организации технического обслуживания и практические рекомендации по управлению рисками, снижающими показатели работы межгосударственного стыкового пункта, обоснованы математическими формулами и логическими рассуждениями. Подтверждением этому служат результаты исследований, отраженные в работах с обоснованием применения признанных и апробированных теорий и методов, достоверностью полученных математических и имитационных моделей результатам расчетов.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертационного исследования апробированы в выступлениях на конференциях: Международной научно-технической конференции «Инновационный транспорт – 2016» (УрГУПС, Екатеринбург, 2016 г.); Всероссийской научной конференции «Техника

и технологии наземного транспорта» (УрГУПС, Екатеринбург, 2018 г.); Региональной научно-технической конференции «Транспорт Урала – 2018» (УрГУПС, Екатеринбург, 2018 г.); XIV Международной конференции «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты» (ПГУПС, Санкт-Петербург, 2019 г.); Всероссийской национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы эксплуатации и ремонта наземных транспортных средств» (РГУПС, Ростов-на-Дону, 2019 г.); Всероссийской научно-технической конференции «Транспорт Урала – 2019» (УрГУПС, Екатеринбург, 2019 г.); XI Международной научно-практической конференции «Будущее транспорта России – 2018, 2019» (УрГУПС, Екатеринбург, 2019 г.); Международной научно-практической конференции «Перспективы развития локомотиво-, вагостроения и технологии обслуживания подвижного состава» (РГУПС, Ростов-на-Дону, 2019 г.); Международной конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России» («ТрансПромЭк–2019») (РГУПС, Ростов-на-Дону, 2019 г.); XII Международной научно-практической конференции «Наука и образование транспорту» (СамГУПС, Самара, 2019 г.); XIII международная научно-практическая конференция «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах» (КузГТУ, Кузбасс, 2019 г.); Межкафедральной научно-практической конференции студентов и аспирантов УрГУПС «Цифровая железная дорога. Интернет вещей» (УрГУПС, Екатеринбург, 2019 г.); IV Международной научно-практической конференции «Транспорт и логистика: пространственно-технологическая синергия развития» (РГУПС, Ростов-на-Дону, 2020 г.); Международная научно-практическая конференция «Инновации в транспорте. Управление, экономика, безопасность» (УрГУПС, Екатеринбург, 2020 г.);, а также на научном семинаре аспирантов (УрГУПС, Екатеринбург, 2017 г., 2019 г.). Результаты диссертационной работы в полном объеме заслушаны и одобрены на заседании кафедры «Вагоны» УрГУПС (Екатеринбург, 2020 г.).

Публикации. В результате научных исследований по теме диссертации опубликовано шестнадцать научных работ, в том числе три научные статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образова-

ния и науки России. Шесть работ опубликованы без соавторства. Получено три свидетельства о государственной регистрации программ ЭВМ.

Структура диссертационной работы состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 129 источников. Содержание работы состоит из 118 страниц основного текста, включающего 7 таблиц, 37 рисунков и 55 формулы.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ. ПОНЯТИЕ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

Контроль и поддержание грузовых вагонов в исправном техническом состоянии производятся в процессе технического обслуживания. Техническое обслуживание производится в подразделениях вагонного хозяйства, в том числе и на межгосударственном стыковом пункте (МГСП). Особенность обслуживания вагонов на МГСП – осмотр и сверка узлов и деталей фактической комплектации вагона с электронными данными с целью выявления фальсификата или контрафакта. Переход грузового вагона в неисправное неработоспособное состояние происходит в результате воздействия на него неблагоприятных факторов. Такой переход носит вероятностный характер, в совокупности с материально-техническими убытками – это риск отказа грузового вагона и нарушения функционирования межгосударственного стыкового пункта. В рамках организации технического обслуживания грузовых вагонов производится управление рисками отказов для предупреждения риска отказа грузовых вагонов, пересекающих государственные границы.

1.1. Анализ технического состояния грузовых вагонов

Ежедневно на сети железных дорог в международном сообщении производится перевозка грузов. Безопасное проследование без экономических потерь между грузовыми станциями контролируют ряд служб. В интересах государств, производящих грузоперевозку, наличие высоких показателей работы межгосударственных станций. Снижение показателей работы зависят от отдельных нарушений в организации эксплуатационной работы в международном сообщении по части совместного использования контейнеров и грузовых вагонов. Также наблюдаются выполнение не в полной мере обязательств по погрузке грузов железнодорожными администрациями: Республики Армении (–3,1 %), Республики Молдовы

(–16,4 %), Республики Узбекистан (–1,4 %) и Эстонской Республики (–12,5 %) [99–103].

Показатели работы контролирует специальная, обособленная служба организованная как Совет по взаимодействию стран-участниц Содружества по железнодорожным перевозкам и являющаяся исполнительным органом [99]. В основные задачи этой организации, входят обязанности по координации пропуска вагонопотоков, разработка, рассмотрение и утверждение документов, отражающих взаимодействие и финансовую ответственность при грузоперевозках между государствами-участниками содружества, в том числе и транзитных перевозках в третьей страны. Пропускная способность вагонопотоков во многом зависит от технического состояния вагонов. Перечень пунктов, расположенных на станциях, находящихся на стыке двух государств и отвечающих за контроль безопасного движения вагонов представлен на рисунке 1.

Непосредственно за исправное техническое состояние грузовых вагонов, пересекающих государственные границы, отвечают сотрудники специализированных подразделений – межгосударственных стыковых пунктов (МГСП). Эффективность функционирования этих пунктов зависит от показателей объема принятых и сданных в сопредельные государства грузовых вагонов, в груженом и порожнем состояниях. При этом особенно учитывается количество непринятых или отцепленных вагонов по причине неисправного технического состояния.

Динамика отцепок вагонов на межгосударственных пунктах не стабильна, влияние на этот признак многогранно и причинами такого явления могут служить таможенные отцепки, коммерческие и технические. В 2017 г. по причине технической неисправности, за предыдущий год число отцепок в Латвийской Республике увеличилось в 6,7 раза, Республики Таджикистан в 3,1 раза, Республики Беларусь в 2,3 раза, в Литовской Республике на 56 %, на территории Российской Федерации на 10 % [99–103]. Представленные данные указывают на то, что технические неисправности вагонов являются актуальной составляющей в организации международных перевозок.

Показатели отцепок грузовых вагонов зависят от многих факторов: показателей надежности вагонных конструкций (безотказность, параметр потока отказов, наработка на отказ), которые влияют на показатели использования вагонов, срока эксплуатации, качества, проведенных плановых и неплановых видов ремонта, качества технического обслуживания и т. д. Все эти показатели во многом служат основой функционирования МГСП. От числа непринятых вагонов на станции зависят материальные убытки от простоя на путях необщего пользования при условии наличия неисправности и устранения ее в объеме безотцепочного ремонта либо наличия отказа узла или детали вагона с дальнейшим восстановлением в текущем отцепочном ремонте, а в случаях перегруженности пункта – в простоях у подходов к станции. Все эти события в совокупности наносят риск нарушению функционирования МГСП.

Актуальной задачей межгосударственных стыковых пунктов является снижение фактора риска нарушения технического состояния грузового вагона, наносящего ущерб функционированию пункта. Научная новизна заключается в применении методов управления рисками для совершенствования процесса технического обслуживания вагонов.

Согласно ГОСТ 32884—2014 [36] техническое обслуживание железнодорожного подвижного состава – совокупность технических и организационных действий, направленных на поддержание железнодорожного подвижного состава в работоспособном состоянии. Техническое обслуживание направлено на выявление неисправности в техническом состоянии вагона и установлении возможности его дальнейшей эксплуатации [37, 43, 49, 54, 56–71, 83, 85]. В парках МГСП при встрече поезда, по ходу движения производится визуальный осмотр узлов и деталей вагонов на предмет наличия греющихся буксовых узлов, «наваров» на ободьях колес, «выщербин» и т.д. Выявляются неисправности узлов и деталей с последующей заменой на соответствующую запасную деталь в объеме текущего ремонта.

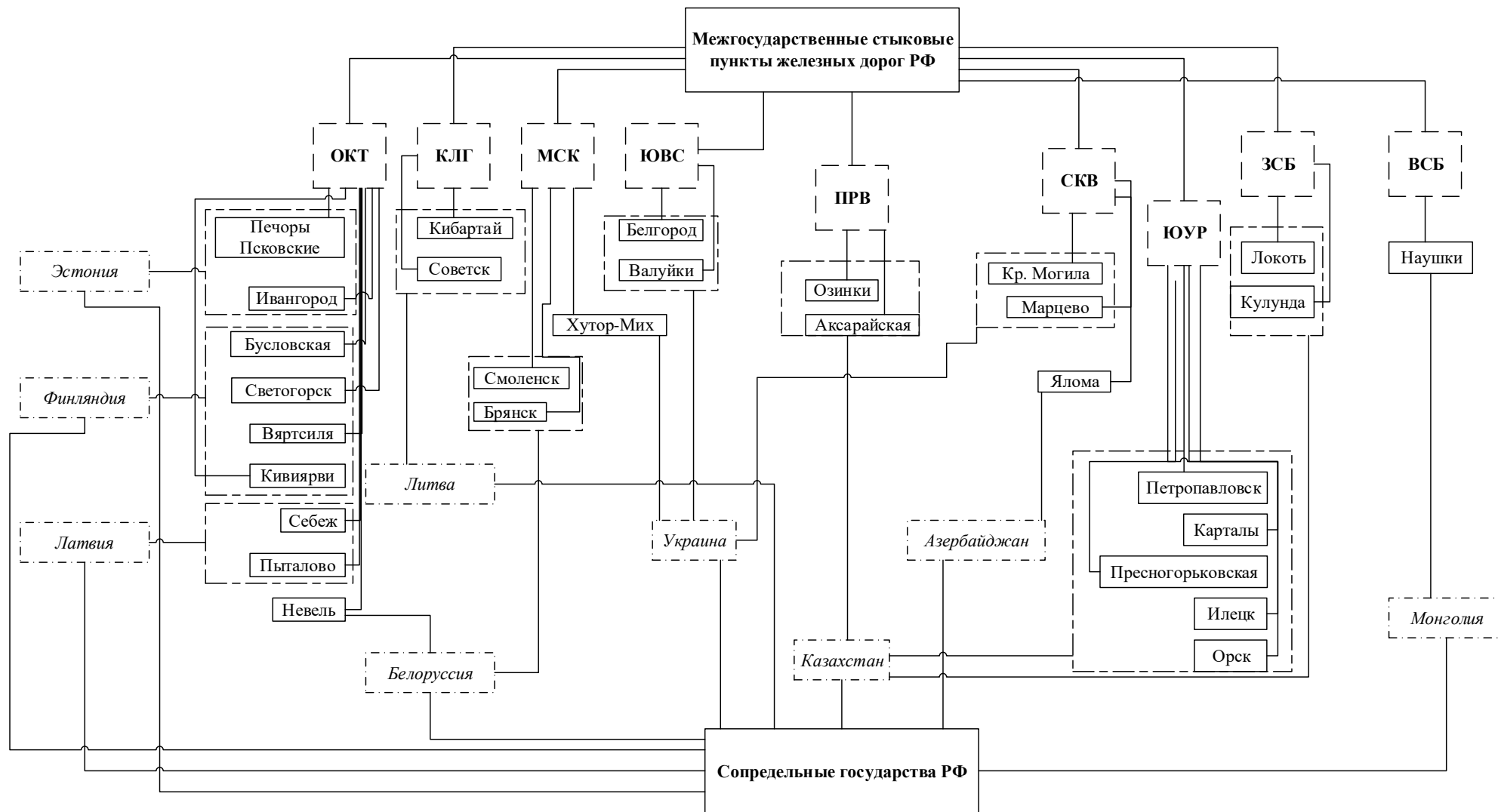


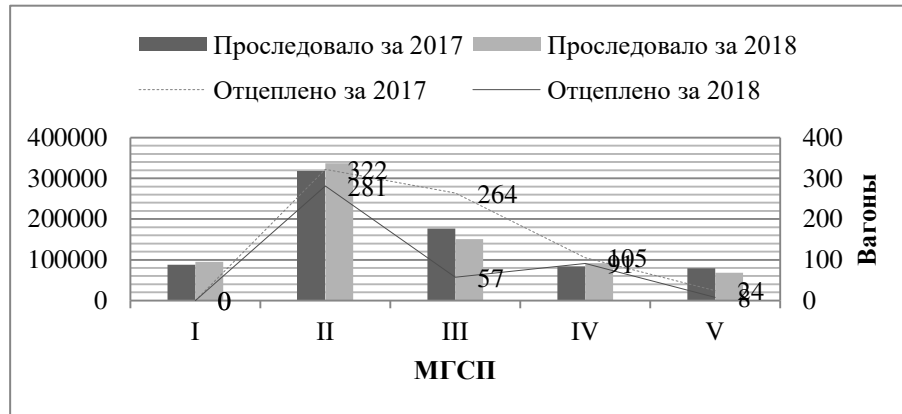
Рисунок 1 – Перечень наименований межгосударственных стыковых пунктов и границах с РФ стран

При выявлении неисправностей мелких деталей, производится ремонт без отцепки от состава, например, замена стертой в процессе эксплуатации и торможения чугунной или композиционной колодки, крепление деталей, регулировка рычажной передачи и других работ, восстанавливающих технический ресурс вагонов. Для вагона процесс восстановления является переходом между техническими состояниями.

Среди множества определений технического состояния вагона существует регламентированное описание этого термина, интерпретируемое как состояние объекта в конкретно заданный промежуток времени при условии воздействия факторов внешней среды, например, климатических условий без нарушения установленных нормативной документацией параметров эксплуатации [52, 83, 85–86, 90–91]. Состояние грузового вагона связано с фактором длительности эксплуатации, определяемой как календарная продолжительность срока службы при достижении предельного состояния, в результате которого дальнейшая его эксплуатация не целесообразна. Дополнительными факторами, накладываемыми на эксплуатационные характеристики вагонов, прибывших из сопредельных государств, являются качество выполненных организационно-технических мероприятий по восстановлению состояния вагонов в объеме планового и текущего ремонтов. Главная опасность заключается в различии регламента проведения ремонта, описанного в местной нормативно-технической документации, а также соответствие нормам нагрузки на вновь установленные, замененные в результате непригодности к дальнейшей эксплуатации узлы и детали вагонов.

Для поддержания исправных эксплуатационных характеристик вагонов, прибывших из сопредельных государств, бригадами осмотрщиков-ремонтников вагонов проводится техническое обслуживание (ТО) в парках межгосударственного стыкового пункта (МГСП). Согласно реальным производственным показателям работы МГСП в течение 2017 г. и 2018 г., динамика принятых и сданных по парку вагонов и числа, отцепленных из них по техническим неисправностям, указана на рисунке 2.

а)



б)

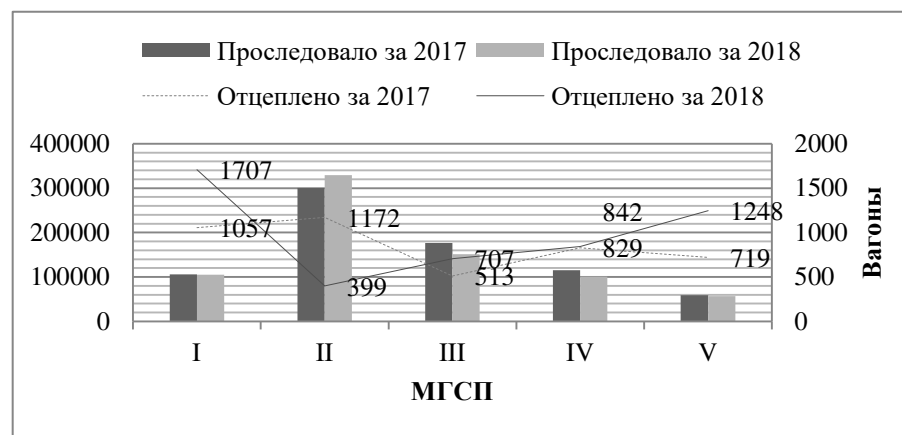


Рисунок 2 – Объем проследовавших вагонов, в том числе число принятых по техническим неисправностям в период 2017/2018 гг.:

а) Экспортное сообщение; б) Импортное сообщение.

Представлена динамика качества проведения обслуживания вагонов на пяти межгосударственных пунктах в экспортном сообщении. В зависимости от места расположения пункта и классности объемы выполненных работ разнятся в пределах от 70 000–300 000 вагонов, для экспортного сообщения (рисунок 2, а) и проследовавших за 2017 г., вагонов, а за 2018 г., от 70 000–350 000 вагонов для импортного сообщения по МГСП (рисунок 2, б). Влияние динамики отцепок не зависит от характеристик станций. Главным критерием выступает направления грузопотоков из определенных стран в направлении Российской Федерации.

Анализ работы пяти межгосударственных пунктов отражает, что наибольшему риску отказа узлов и деталей исследуемых грузовых вагонов подвержены конструктивные элементы, перечень которых представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Распределение отказов по основным узлам и деталям:

а) для вагонов, отправленных из РФ в СГ; б) для вагонов, отправленных из СГ в РФ.

На рисунке 3, в зоне высокого риска отказов находятся элементы ходовых частей, т. е. колесные пары, тележки, буксовые узлы, выявленные у вагонов в экспортном сообщении. Больше всего отказов Причинами отцепки служат огромное разнообразие воздействующих в процессе эксплуатации факторов, в том числе и предприятие, последнее производившее ремонтно-технические работы на вагонах.

По итогам структурирования данных по отцепкам, по кодам неисправности [40, 54, 72, 94] за исследуемый период составлена таблица 1, в ней представлены наиболее часто отказывающие в процессе эксплуатации узлы и детали вагонов.

Таблица отражает качественную зависимость объема вагонов, соотносимых с конкретной неисправностью, и рассчитанной частотой отказов, выявленной из общего числа неисправных вагонов по МГСР и интенсивностью отказов по железной дороге в целом в период эксплуатации.

Таким образом, можно отследить годовое распределение отказов по конкретным узлам и деталям вагонов, определив направление, в котором необходима корректировка по ужесточению контроля за эксплуатацией.

Таблица 1 – Перечень неисправностей по узлам и деталям вагонов с соотношением интенсивностей отказов в эксплуатации

№ п/п	Код неисправности	Наименование неисправности	Число отказов	Частота отказа вагонов	Интенсивность отказа вагонов
Ходовая часть					
1	102	Тонкий гребень	5760	0,406	0,385852
2	105	Тонкий обод	2880	0,203	0,192926
3	119	Трещина в ободе колеса	1440	0,102	0,096463
4	156	Перегрев буксового узла	4032	0,284	0,270096
5	219	Трещина в боковой раме	48	0,003	0,003215
Автосцепное оборудование					
6	308	Обрыв хвостовика автосцепки	34	0,548	0,002278
7	340	Трещина тягового хомута	11	0,177	0,000737
8	381	Обрыв, трещина маятниковой подвески	17	0,274	0,001139
Тормозное оборудование					
9	406	Неисправность разобщительного крана	32	0,136	0,002144
10	445	Завар башмака	204	0,864	0,013666
Рама					
11	602	Вертикальный прогиб балок рамы более 100 мм	37	0,314	0,002479
12	610	Продольная трещина в балках рамы более 300 мм	81	0,686	0,005426
Кузовная часть					
13	502	Уширение кузова более 75 мм в одну сторону	112	0,318	0,007503
14	503	Обрыв сварного шва стойки	137	0,389	0,009177
15	531	Повреждение обшивки кузова	103	0,292	0,0069

События, связанные с нарушением технической исправности вагонов в процессе эксплуатации, согласно теории надежности, описываются статистическими закономерностями, и прогнозируется оставшийся срок эксплуатации вагона. Соответственно, на исследуемый грузовой вагон устанавливаются такие единичные показатели, как работоспособность, безотказность, долговечность, параметр наработки до отказа, технический ресурс. Все указанные показатели технического ре-

сурса вагонов возможно найти с помощью численной и вероятностной оценки соответствующего параметра. Определение искомых показателей работы вагона позволяет определить частотность или вероятность их появления на прогнозируемый период на основе прошедших, статистических данных [34–35].

Отказы, выявляемые в техническом состоянии грузовых вагонов, указывают на необходимость в определении факторов, влияющих на совершении подобных событий, что неукоснительно воздействует и на работу МГСП. Оценка этих факторов производится на основе расчета риска отказа грузовых вагонов, выявленных в процессе ТО на МГСП.

На основании данных о непринятых по межгосударственным стыкам вагонам следует вывод о существовании связи между местом расположения ремонтного предприятия последнего, проводившего отцепочный ремонт, и вероятности последующего отказа, оцениваемого в пределах от 37–49 % от общего числа отцепленных вагонов по импортному направлению.

1.2. Понятие «риск» основные виды рисков

Возникновение потребности в количественном расчете (оценке) переходных состояний объекта или системы привело к появлению теории вероятности, а риск является вероятностной величиной в совокупности с материально-техническим ущербом. С латинского языка *risicum* переводится как «преодоление, каких-либо препятствий» [14, 19–22]. В переводе с французского *risque* – данный термин отождествляется с возникновением возможного отрицательного события или действия, в английском языке *risk* означает «подверженность к какой-либо опасности» [2, 23, 30]. Понятие «риск» предположительно введено в XVII в. и имеет итальянские корни, является синонимом слова *hazard*, что переводится как «опасность» или «шанс». Среди разнообразия терминов и определений, толковый словарь В. Даля сопоставляет понятие «риск» с такими терминами, как «смелость», «отвага», «действие наудачу». В словаре С. Ожегова термин «риск» означает «возможную опасность». Для сравнения, в английском словаре *Oxford Dictionary* «риск» – это «вероятность опасности или потери» [37–39, 47, 78].

Исследуемая величина нуждается в оценке (значения, степени) риска. Данную оценку производят до произошедшего события, т. е. априорная оценка (от лат. *A priori* – из предшествующего), как правило, формирующийся в результате прогнозирования на основе наличия смежных с оцениваемой системой данных подобный вид оценки имеет стохастический или вероятностный характер. Оценка риска с возможностью прогнозирования поведения системы, в том числе определения значений и степени убытков, основана на данных, формируемых статистикой работы или отказов исследуемого объекта (от лат. *A posteriori* – из последующего), в таком случае значения будут более точными, т. к. рассматривается уже произошедшее событие [95].

В теории рисков можно выделить несколько видов рисков, проявляющихся в различных сферах деятельности и несущих тот или иной убыток в зависимости от совершившихся событий, следовательно, определить основные виды рисков можно исходя из основных задач, прописанных возникающих в конкретных сферах.

Согласно достоверным источникам понятие риск варьируется в зависимости от сферы возникновения данного термина, приведем несколько определений:

1) риск [*risikon* – утес] – это возможная вероятность возникновения неблагоприятной ситуации с учетом потерь либо неполучения желаемого результата. Так же риском можно считать, неопределенность исхода, учитывая то, что последствия будут неблагоприятными [3, 15, 17, 28, 45];

2) риск – это вероятность возникновения опасной ситуации, являющейся причиной ущерба и отражающей размер данного ущерба [44, 49, 75];

3) риск – это сочетание вероятности события и его последствий, при том что термин «риск» обычно используется тогда, когда существует хотя бы малая доля возникновения возможных негативных последствий [76–77, 88, 92];

4) риск – это фундаментальное понятие, которое изучается и применяется в различных научных сферах, таких как медицина, экономика, статистика, математика, теория принятия решения, страховое дело и т. д. В узком смысле – измеряемая вероятность или рассчитываемая, другими словами – произведение веро-

ятности возникновения события на количество потерь в результате этого события [26–27, 49, 79, 109].

Риск – это характеристика событий или действий, когда существует бесконечное множество исходов, а также неопределенность хотя бы одного исхода, это также предзнаменование негативных событий, которые с определенным постоянством легитимно (не нарушая закон) возникают в различных сферах деятельности, таких как экономическая, производственная, организационно-техническая, политическая, социальная и др. Свести к нулю риск невозможно, лишь путем идентификации, анализа и оценки возможно эксплицировать (истолковать, дать объяснение) дальнейшим прогнозам уже систематизированных источников о развитии событий, явлений, процессов, исходов и в конечном итоге изменений [50, 80–81, 89, 118, 123].

При рассмотрении понятия «риск» более детально, с точки зрения одного из разделов математики – теории вероятностей, риск состоит из произведения двух параметров вероятности возникновения нежелательного события на последствия от произошедшего события [19, 80, 119]:

$$R = P \cdot Y, \quad (1)$$

где P – вероятность появления события с негативными последствиями;

Y – материально-технический отказ, ущерб, потери в результате появления вероятности.

Несмотря на то, что исследованием рисков занимаются ученые разных отраслей наук, свои истоки оно берет в финансовой сфере деятельности, где ученые-экономисты дали размерность риску – средневременный ущерб [руб./год].

Теория рисков разделяется на два основных направления, каждое из которых описывает риск по-своему. Описание понятия «риск», с точки зрения возникновения события, влекущего ущерб, предложено зарубежными учеными, относящимися к классической трактовке этого определения. Своего рода, основоположники учения о риске, ученые Дж. Миль и И.У. Сениор, в предпринимательской деятельности отождествляют риск с количественной мерой, определяемой как математическое ожидание от возникающих, финансовых потерь.

«Неоклассическая теория» была открыта и введена в 20–30-е гг. XX в. представителями науки в данной отрасли Альфредом Маршаллом и Артуром Пигу, где «предпринимательский риск – вероятность отклонения от плана». На рисунке 4 представлена интерпретация двух общеизвестных теорий развивающих научные определения риска [15, 75, 118].

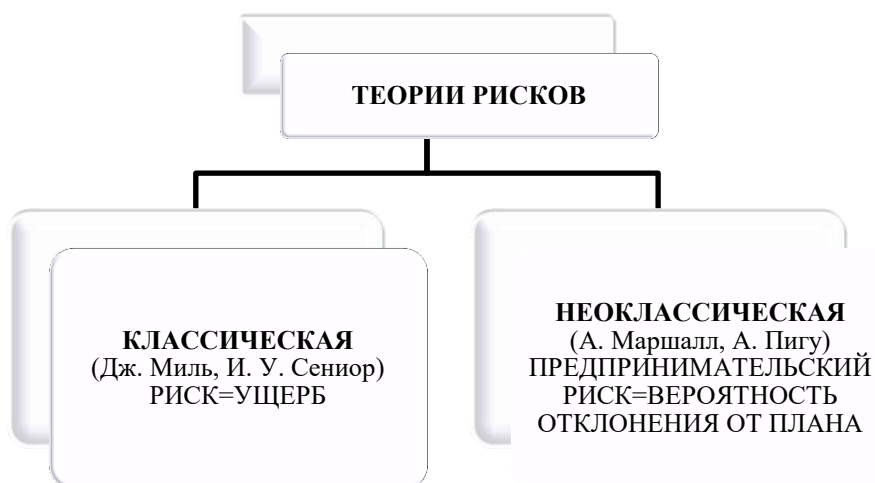


Рисунок 4 – Классическая и неоклассическая теории рисков

Несмотря на рассмотренные выше определения теории рисков, на сегодняшний день наиболее признаваемой является «неоклассическая теория рисков» с дополнениями в виде «издержек риска», при которых существует предельный уровень риска, до которого возможно снизить, путем расчетов, фактор влияния.

Железнодорожный транспорт, как и любой другой производственный процесс, нуждается в оценке риска, но распространенная в области оценки риска является экономическая сфера деятельности. Тем не менее, с развитием производственно-технических мощностей термин «риск» начал использоваться не только в экономической сфере, второе место по степени использования этого понятия отражено в научных работах, рассматривающих техносферную безопасность, где данное понятие принимает характер техногенного риска. В результате проведенного анализа определено, что вероятность нарушения безопасности, ущербом чего является нанесение телесного и физического ущерба людям вплоть до летального исхода, называется социологическим риском. В случае негативного воздей-

ствия природных катаклизмов все с тем же нанесением ущерба обществу и материальным ресурсам, события, зависящие от географических, климатических и метеорологических условия относятся к природно-климатическим рискам. Вероятностное воздействие на средства и ресурсы, носящие информационный характер, искажая их и принося ущерб обществу, называется информационным риском. Ущерб в производственно-технической отрасли, происходящий в результате воздействия случайных или систематических нарушений, определяемых вероятностными формулами, называется техническим риском.

Совокупность всех эти видов риска присуща крупным производственным организациям, к которым, в том числе, относится служба вагонного хозяйства. Многоуровневость вагонного хозяйства позволяет отразить особенности каждого вида рисков (таблица 2).

Исходя из представленного в таблице 2 перечня видов рисков, присутствующих в железнодорожной отрасли, в частности вагонном хозяйстве, дадим общее определение каждому из видов рисков.

Экономический вид риска – это риск, связанный с материальным и финансовым ущербом отрасли в целом и структурных элементов по отдельности.

Социологический вид риска – это риск, ориентированный на показатели человеческого фактора, деловых особенностей, уровня компетенций и личностно-психологических особенностей персонала.

Природно-климатический вид риска – это риск, зависящий от изменений природных, экологических и климатических условий, воздействующих на качественный уровень труда.

Таблица 2 – Примеры видов основных рисков в вагонном хозяйстве [59, 70]

Обозначения рисков	Описание рисков
Экономический вид рисков	
$R_{Эц}$	Влияние недофинансированности на снижение производственно-технических показателей вагонного хозяйства. Влияние усовершенствования требований к производственному качеству транспортных услуг вагонного хозяйства на реорганизацию государственного инвестирования
$R_{Эр}$	Влияние слаборазвитой железнодорожной инфраструктуры в связи со сложной климатической обстановкой в Сибири и на Дальнем Востоке на уровень объемных показателей грузовых перевозок
$R_{Эл}$	Влияние вложений низких финансовых ресурсов в систему технического обслуживания и ремонта вагонов на комплексные показатели работы межгосударственного стыкового пункта (МГСП)
Социологический вид рисков	
$R_{Сц}$	Влияние демографических скачков на нестабильность спроса в грузопассажирских сообщениях. Влияние социально-экономической привлекательности отдельных отраслей производства на отток высококвалифицированных кадров в иные сферы деятельности
$R_{Ср}$	Влияние природно-климатических условий регионов с тяжелыми природно-климатическими условиями дальней и северной частей России на дефицит трудовых ресурсов
$R_{Сл}$	Влияние личностных характеристик, уровня компетенции сотрудников вагонного хозяйства на эффективную производительность труда
Природно-климатический вид рисков	
$R_{ПКц}$	Влияние обстоятельств непреодолимой силы на нарушения графика движения поездов
$R_{ПКр}$	Влияние природных условий отдельных регионов РФ на возникновение технологических «окон»
$R_{ПКл}$	Влияние климатических условий и фактора сезонности на неисправности отдельных конструктивных узлов и элементов вагона
Информационный вид рисков	
$R_{Иц}$	Влияние недостаточного уровня внедрения научно-технических проектов на возможность совершенствования информационно-технического развития железнодорожного транспорта и инфраструктуры. Влияние несанкционированной передачи информации на безопасность работы железнодорожных предприятий
$R_{Ир}$	Влияние сбоев в автоматизированных системах управления перевозочным процессом на низкую скорость обработки информации поступающей с линейных предприятий, вследствие чего отсутствие возможности перехода на электронный документооборот
$R_{Ил}$	Влияние отсутствия автоматизированных средств прямого приема данных при необходимости получения информации об электронной документации вагона при сверке с фактической комплектацией на длительность обслуживания составов на МГСП

Таблица 2 – Примеры видов основных рисков в вагонном хозяйстве [59, 70]

(окончание)

Обозначения рисков	Описание рисков
Технический вид рисков	
$R_{Тц}$	Влияние проектно-конструкторских недоработок на эксплуатационные характеристики вагона. Влияние нарушения функционирования вагонного хозяйства из-за снижения производственно-технических показателей. Влияние низкого качества обслуживания ремонта вагонов на безопасность движения поездов. Влияние сбоев и нарушений на смежных видах транспорта на функционирование и эксплуатационные характеристики вагонов
$R_{Тр}$	Влияние физического износа железнодорожного транспорта и инфраструктуры на безопасность региональных грузоперевозок. Влияние внутренних производственно-технических факторов на организацию производства
$R_{Тл}$	Влияние поступления неисправных вагонов под обслуживание на показатели работы МГСП. Влияние неравноценной замены узлов и деталей вагонов в процессе ремонта на территории сопредельных государств на безопасность движения, вследствие постановки узлов и деталей, не соответствующих требованиям нормативно-технической документации

Информационный вид риска – это риск, основанный на информационных данных, являющихся основой для проведения интеллектуальных и производственных управленческих решений, наносящих урон при наличии искаженных и неточных данных.

Технический вид риска – основа производственно-технической деятельности, в которой производственными элементами являются оборудования, ремонтные машины, краны, поточные линии, диагностические комплексы или технические объекты, подлежащие ремонту и обслуживанию, например, вагоны, машины, локомотивы.

Предложенная интерпретация определения понятия «риск» адаптирована и характерна для производственной организации железнодорожного транспорта. Выделенные основные виды рисков являются собирательным элементом факторов, присущих деятельности железных дорог России. Подробный анализ, воздей-

ствующих на деятельность межгосударственного стыкового пункта, технических рисков позволит упорядочить и классифицировать их.

1.3. Классификация рисков на межгосударственном стыковом пункте

Процесс обслуживания вагонов, с точки зрения теории рискологии, подвержен огромному влиянию факторов риска, приводящих к нарушениям и отказу функционирования МГСП. Для системного исследования и идентификации риска важно создать разграничение рисков по степени их реализации, по месту возникновения и уровню возможных ущербов. Классифицирование как метод теоретического познания позволяет выстроить структурную схему деятельности исследуемого объекта, разграничив присущие ему параметры и характеристики по этапам и критериям. Классифицирование рисков, присущих деятельности пункта, представлено на рисунке 5 [19, 70, 126].

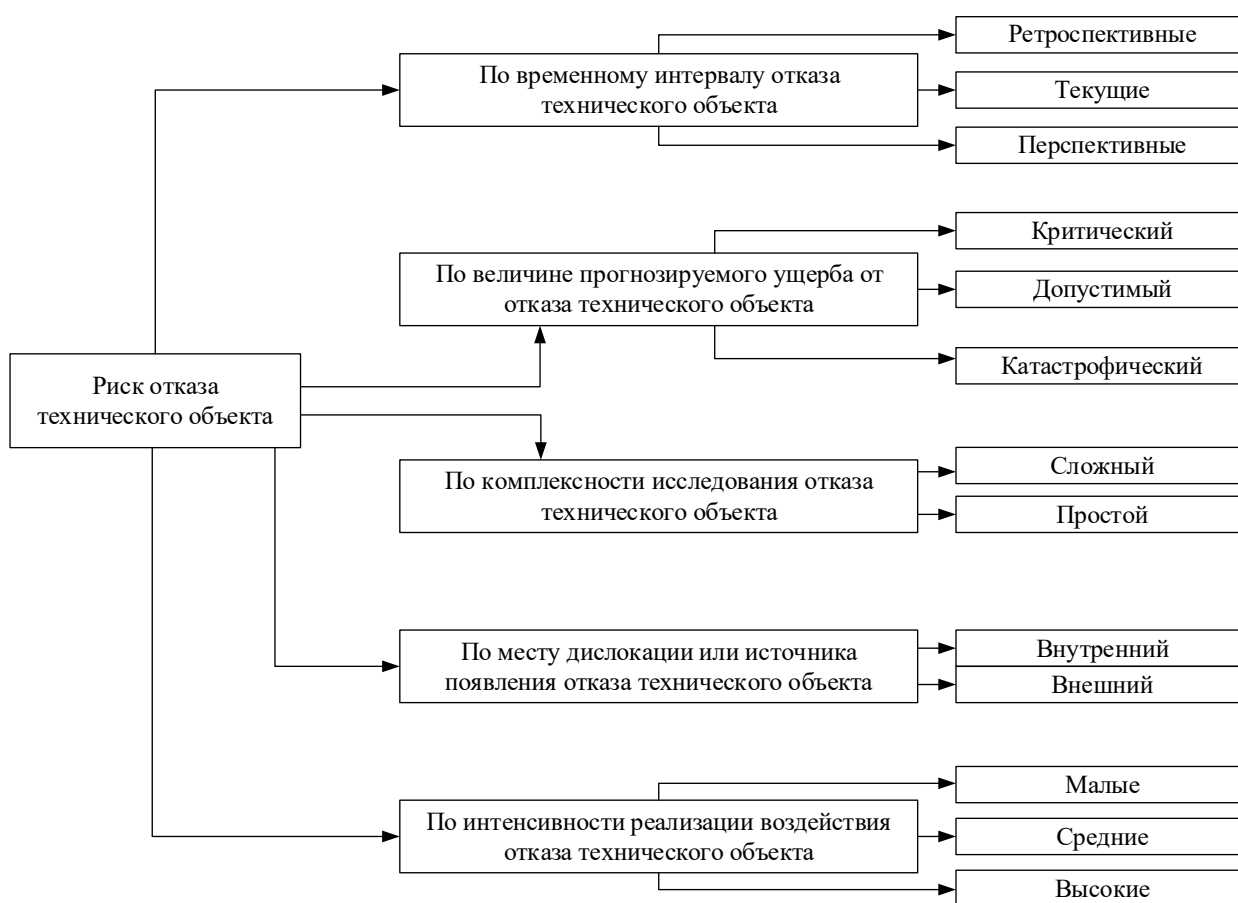


Рисунок 5 – Классификационная схема критериев технического риска

На рисунке 5 изображены основные классификационные разделы ранжирования рисков. Подробное описание каждого из них представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Описание критериев технического риска [70]

Наименования критериев	Примеры критериев технического риска
По времени возникновения	
Ретроспективные	События, выявленные до наступления критического состояния объекта либо находившиеся в скрытом аварийном состоянии. Подобные случаи выявляются в авторизированном режиме у подходов к станциям с помощью технических средств диагностирования (КТСМ, ПАУК, ПАК, АСО-ОД, КТИ и т. д.)
Текущие	События, выявленные в процессе технического обслуживания вагонов
Перспективные	События, не наступившие в настоящий момент, но прогнозируемые на основе расчетных и аналитических моделей или согласно статистическим данным
По объему вероятных потерь	
Возможные	Ситуации с определяемым уровнем ущерба и установленными значениями в допустимых пределах
Критические	События, приносящие существенный урон функционированию межгосударственного стыкового пункта
Катастрофические	События, приводящие к колоссальным потерям от их появления, приводящие к катастрофам, авариям и наносящие ущерб техническим объектам, экологии и обществу
По комплексности исследования	
Простые	События, которые отслеживаются без использования дополнительных расчетных средств измерения и диагностирования и выявляются непосредственно при обслуживании
Сложные	События, которые можно определить на основе причинно-следственной связи и другими расчетно-измерительными способами;
По источникам возникновения	
Внутренние	События, происходящие в рамках производственного процесса и коллектива сотрудников, производящих обслуживание
Внешние	События, повлиять на которые могут внешние обстоятельства, связанные с политическими, экономическими, природными и другими воздействиями
По частоте реализации	
Малые	События, которые происходят очень редко либо ранее не были зафиксированы в документах и статистических информационных источниках
Средние	События, которые контролируются с помощью статистических ресурсов
Высокие	События, связанные с зонами высокой опасности, имеющие либо кратковременный характер, из-за воздействия непреодолимых сил, либо долгосрочный, но имеющий вынужденный характер воздействия с ними

Описание классификационной схемы является результатом адаптации теоретической структуризации рисков в организационно-технический процесс обслуживания вагонов. В качестве определения роли и места риска в деятельности пунктов выступают примеры событий, происходящих в работе диагностических комплексов у подходов к станциям обслуживания, объем выполняемых работ, использование оборудования и использование нормативно-технической документации деятельности по восстановлению технического состояния конструкций вагонов.

Примеры, представленные в таблице 3, дают предварительную характеристику идентификационных данных по техническим рискам, влияющим на межгосударственный стыковой пункт. Представленная классификационная схема может дополняться по мере возникновения новых критериев технического риска.

Классификация технических рисков позволяет составить предварительную схему вербальной модели деятельности пункта, отражая при этом слабые стороны, подверженные факторному воздействию со стороны внешних и внутренних объектов. Классификационная схема не является завершающим исследование рисков этапом, наоборот, она лишь закладывает начало для проведения дальнейших исследований с целью, упрощенной идентификации событий, имеющих вероятностное и местами стохастическое воздействие.

Исходя из данных таблицы 3 стоит добавить, что представленные примеры описания критериев рисков не являются исчерпывающими и могут корректироваться и дополняться на протяжении всего периода исследований. Так, например, критерий риска по времени возникновения события и ретроспективному уровню имеет гораздо больший перечень автоматизированных средств и средств диагностики, чем представлено в таблице. Связано это с тем, что применимость, указанных комплексов наиболее широко известна в деятельности, направленной на диагностику и восстановление работоспособного состояния вагонов. Аналогичная ситуация складывается и с уровнем вероятных потерь от воздействия технического риска, здесь трактовка имеет двойкий смысл. Так, например, для экономиче-

ской целесообразности конкретных типов вагонов с соответствующим типом перевозимого груза может иметь не огромное значение для финансовых потерь в случаях их длительного простоя, например, простоя в ремонте. Аналогичная же ситуация складывается совершенно иным образом для технической отрасли, ведь время и путь, затрачиваемые на содержание неработоспособного вагона на путях необщего пользования, например, в пункте отцепки, негативным образом влияет на показатели работы пункта, а то и вовсе эксплуатационного депо.

Предложенная классификация рисков, служащая инструментом реализации первого этапа управления рисками – идентификации, по структуре немногим отличается от стандартизированной классификации. Но при этом имеет новизну в применении в вагонном хозяйстве, как метода выявления событий и классифицирования с помощью соотношения численного уровня воздействия вероятного события с убытками от реализации рассматриваемого события. Тем не менее, риск оценивается с точки зрения потерь технической составляющей производственной деятельности исследуемого пункта.

Проведенный выше анализ видов рисков и критериев конкретно технического риска является одним из этапов по управлению рисками. Для ряда задач данный идентификационный анализ является единственным и завершающим этапом. Но в случае необходимости получения точных численных данных требуется комплексная оценка и проведение снижающих риск мероприятий. Требуемое решение достигается за счет использования методов управления рисками.

1.4. Методы оценки и управления рисками

Использование системы управления рисками на предприятии необходимо с целью успешного функционирования и эффективной организации производства, позволяющей предостеречь от незапланированных затрат. Система управления рисками состоит из объекта, т. е. промышленное предприятие, производственный процесс, а также субъекта, т. е. сотрудников производственно-технического отдела, руководящего состава, производящих на основе различных методов теории риска разработку управляющих воздействий.

Для определения величины, подверженной управлению, требуется численная оценка, такой переменной величиной является уровень риска. Величина оценки риска зависит от условий, в которых производилось управленческое решение. Эффективными условиями являются тщательно спланированные и скоординированные действия в отношении искомой величины. Действия, реализуемые в рамках управления рисками, различаются в зависимости от масштабов предприятия, в котором требуются снижающие воздействия. Так, например, в условиях крупных промышленных предприятий, процесс управления производится в каждом подразделении производственной организации. В случае невозможности координации управленческих решений в отношении риска управление рисками осуществляется с выделением в отдельный производственный отдел (подразделение).

Для надлежащего процесса управления рисками необходимо грамотное распределение работ и ресурсов между сотрудниками. Вследствие чего возникает необходимость в назначении ответственного сотрудника, отвечающего исключительно за процесс анализа, оценки, управления рисками с последующим формированием рекомендаций по его устранению или снижению. Назначенный сотрудник, относящийся функционально к руководителю отдела, подчиняется административному руководителю.

Эффективность управления рисками повысится в условиях введения координирующего элемента матричной структуры рисков. Немаловажным является профессиональная и психологическая подготовка сотрудника, руководителя, осуществляющего работу в условиях риска. Управление рисками позволяет отслеживать отклонения искомого риска от заданных плановых значений, что в результате выявления отклонений позволяет спрогнозировать на будущий период благоприятную картину в условиях управления параметрами с определением области и возможными, вероятностными отклонениями, наносящими урон функционированию производственному предприятию. В работе управление рисками описывается как «многоступенчатый процесс», целью которого является компенсация ущерба от неблагоприятных воздействий на объект.

Управление рисками складывается из нескольких этапов:

- Идентификация фактора риска – определение причины, по которой возникает вероятность нанесения ущерба.
- Анализ рисков – сбор данных о рассматриваемом объекте, взаимодействующим с рискованной областью, исследование предварительных и статистических данных.
- Оценка риска – формализованное, математическое определение уровня воздействия нежелательных факторов риска, последствий от возникновения событий, связанных с отказом, ущербом и т. д.
- Принятие управленческих решений – мероприятия по устранению или снижению риска до приемлемого уровня или в допустимых пределах.

Определение фактора риска имеет ключевое значение, исходя из области деятельности, в которой возникает риск. Исследуемый фактор риска подвергается всестороннему анализу, учитываются все источники информации. На основании полученной информации производится выбор метода, на основе которого будет произведена оценка. Результаты оценок, чаще всего аналитических и вероятностных, дают основу полагать, какому плану мероприятий следует придерживаться, чтобы эффективно управлять рисками.

Очень обширен перечень методов по управлению рисками в экономической и страховой областях деятельности, в том время, как в производственных областях, исследования по управлению рисками только набирают обороты. Тем не менее, методы управления производственными рисками можно обобщить по четырем основным группам (рисунок 6) [39, 47, 79, 120, 126].

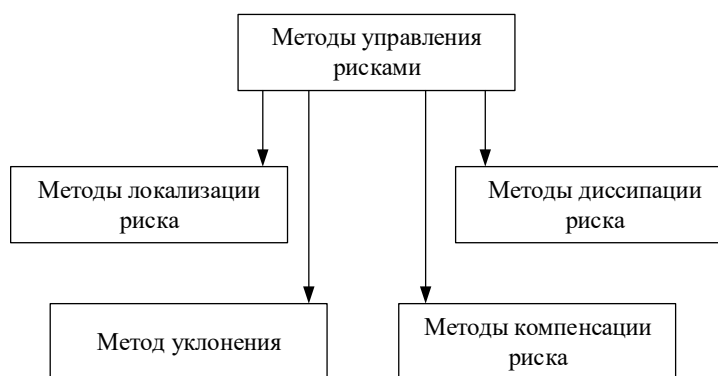


Рисунок 6 – Методы управления техническими рисками

Указанные на рисунке 6 методы управления рисками применяются как в предпринимательской сфере, так и на предприятиях, связанных с производством.

Метод уклонения направлен на выявление предположительно опасных зон и воздействий на объект с целью избежать взаимодействия с ними, действуя наверняка, не рискуя. Среди воздействующих элементов на производственное предприятие выделяются: ненадежные поставщики запасных частей и деталей технических средств, не подтвердившие свою надежность сферы обслуживания, ремонтные предприятия и организации, предоставляющие иные услуги. Преимущество данного метода заключается в том, что исключаются все подверженные сомнению производственно-экономические отношения между не зарекомендовавшими себя предприятиями, что позволяет сохранить производственные мощности и прибыль, не теряя время на непроверенных контрагентов и партнеров. Недостатком является то, что такой подход в деловых взаимоотношениях приводит к отсутствию возможности получения дополнительного дохода в относительно консервативных способах получения прибыли, например, простаивание транспортных средств вместо перевозки в нем груза смежного типа, невозможность сдачи в аренду производственных площадей и оборудования, неиспользование их с целью ненадобности. Такой вид методов управления риском направлен на поиск гарантов вместо принятия страховочных мер.

Сущность метода локализации риска отражает выработку воздействий по выявлению на производственном предприятии участков с повышенной концентрацией рисков событий, для выделения этих участков в самостоятельные учетно-организационные структуры.

Применения методов диссипации рисков ориентированы на крупные, промышленные предприятия или проекты с большим числом участников. Суть этого метода заключается в выявлении всех видов и факторов риска и равномерное их распределение между участниками процесса управления рисками с целью снижения большой концентрации рисков у какого-то конкретного участника или производственного отдела.

Применение методов компенсации риска заключается в принятии упреждающих действий, то есть работа на опережение. Смысл этого метода заключается в формировании производственно-экономических резервов на случай непредвиденных обстоятельств.

При выборе конкретного метода управления рисками стоит также учесть и тип руководителя, производящего управленческие воздействия в области производственной деятельности. В случае наличия руководителя, настроенного осторожно, будут исключены (отклонены) даже самые минимальные риски, где решения принимаются только со стопроцентной гарантией.

Любой производственный процесс не может обойтись без воздействия негативных факторов. Особенно подвержены к воздействию риска крупные промышленные предприятия. Вследствие высокого консерватизма организации производства промышленные предприятия с трудом реагируют к изменениям внешней среды и внутреннего состояния, что приводит к ложному ощущению финансовой, кадровой и производственной безопасности. Появляется необходимость в своевременной идентификации негативных тенденций, обнаружения отрицательной динамики изменения производственного (технического) риска, что в совокупности является задачей функции управления техническим риском в системе организации производства.

К одним из таких крупных промышленных предприятий относится холдинг открытого акционерного общества «Российские железные дороги». В предприятиях по обслуживанию железнодорожного транспорта и инфраструктуры, в условиях действия разнообразных производственных факторов, отведенное место на управление рисками носит узконаправленный характер.

В процессе исследования в области рисков на железнодорожном транспорте использовались работы известных ученых, отраженные в материалах отечественных и зарубежных научных изданий, нормативно-технической документации, учебно-методической литературе, диссертационных исследованиях по данной тематике, патентах и авторских свидетельствах. Используемые в этих областях методы управления рисками основываются на выявлении рисков, присутствующих в

сфере железнодорожного транспорта, проведении предварительного анализа опасности, сравнительного анализа известных и применимых методик управления рисками, выбора оптимальной методики для эффективного применения в сфере вагонного хозяйства.

Особый вклад в структуру управления рисками на железнодорожном транспорте, в частности в систему электроснабжения, внесли ученые [93, 110], предложившие модель управления рисками с разделением на этапы. Они рассматривают риск как произведение ущерба Y от превышения внешнего воздействия на объект соответствующего уровню e , на n_e число превышений в период жизненного цикла и на сумму условных вероятностей значения внешнего воздействия на элемент или объект:

$$R_e(L_e) = Y_e \cdot n_e \sum_{k=e}^{\xi} P_k(L).$$

Управление в сфере железнодорожного транспорта производится по трехуровневой системе. На вершине уровней располагается центральный аппарат управления, промежуточный уровень дислоцируется по регионам и носит название регионального уровня, в подчинение которому относится третий уровень – линейный, на котором расположены подразделения.

Организацией по контролю и содержанию вагонов занимаются руководители всей трёхуровневой системы. На центральном уровне службы вагонного хозяйства производится анализ результатов деятельности региональных предприятий, в состав которых входят вагонные эксплуатационные депо (ВЧДЭ). В подчинении у руководителей ВЧДЭ находятся подразделения вагонного хозяйства, на которых производится непосредственное взаимодействие с грузовыми вагонами и определяется возможность их дальнейшей эксплуатации. Задачей технического обслуживания на МГСП является выявление всех факторов, потенциально угрожающих безопасности движения вагонов.

Структурное управление производственными мощностями выполняют вагонные эксплуатационные депо, в состав которых в качестве подразделения входит МГСП. Вагонное эксплуатационное депо подчиняется дирекции инфраструк-

туры, ведущей отчетность о событиях, совершаемых во всех депо. На основе полученных производственных данных вводит регламентирующие воздействия по улучшению производственных показателей депо и подразделений в целом. Дирекция инфраструктуры территориально относится к региону обслуживания. Единое управление всеми региональными дирекциями ведется центральным аппаратом управления. Управление рисками на железнодорожном транспорте РФ изображено на рисунке 7 [70].

Изображенная на рисунке 7 трехуровневая структурная схема управления рисками в вагонном хозяйстве отражает распределение обязанностей по каждому элементу схемы с указанием этапа, регламентирующего действия по управлению рисками на центральном, региональном и линейном уровнях. В состав линейного уровня входят следующие подразделения вагонного эксплуатационного депо.

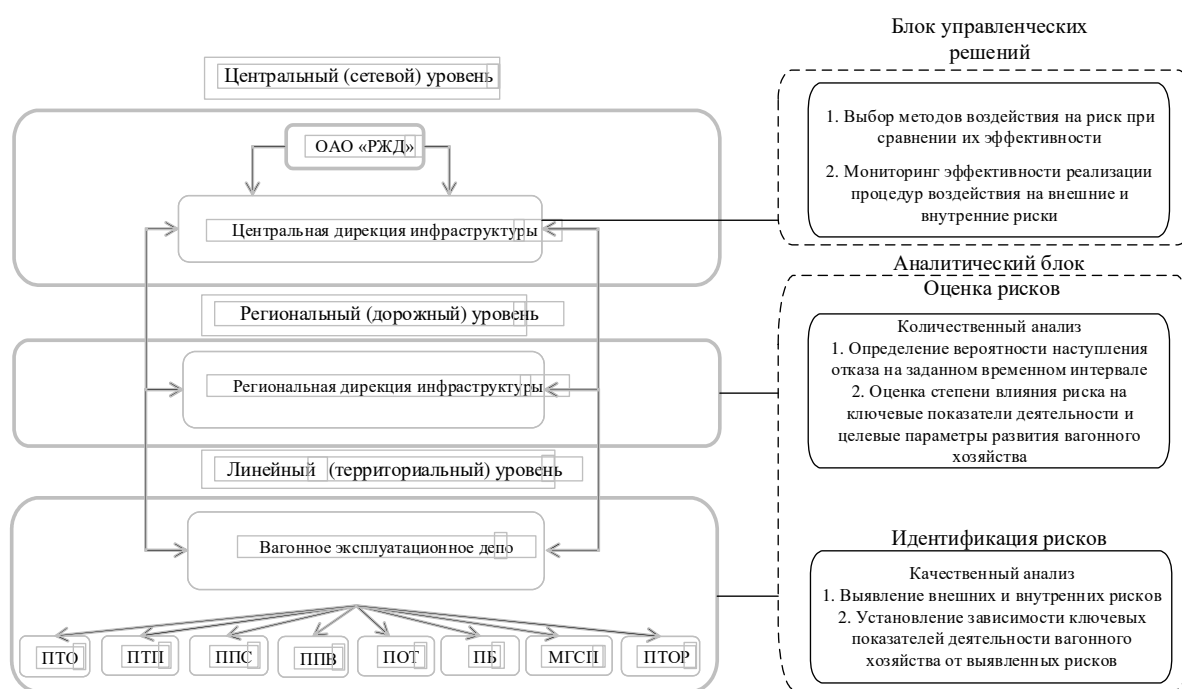


Рисунок 7 – Структура управления рисками в вагонном хозяйстве

В первоочередные функции вагонного хозяйства входит обеспечение исправного функционирования грузовых вагонов. Для достижения поставленной цели применяется использование фундаментальных теорий надежности, рисков и вероятностей, направленных на разработку математического метода и методов

имитационного моделирования. Задача устойчивого развития безопасной эксплуатации вагонов решается подразделениями, способными к систематическому анализу и прогнозированию событий, совершаемых в процессе обслуживания вагонов.

Управление рисками, влияющими на организацию обслуживания вагонов межгосударственного сообщения, производится на основе адаптированного на железнодорожном транспорте метода, включающего информационно-технологические данные. Метод подразделяется на две области, каждая из которых отражает информационные данные о состоянии грузовых вагонов и функциональные характеристики межгосударственного стыкового пункта.

Информационные данные формируются на основе мониторинга данных об эксплуатации грузовых вагонов. Из-за большого объема эксплуатирующихся грузовых вагонов мониторинг основан на постоянном (средства технического диагностирования) или эпизодическом (процесс технического обслуживания) наблюдении за объектом. Главенствующими задачами являются контроль технического состояния, выявление источников технического риска (идентификация), динамики изменений факторов технического риска, прогнозирование последствий событий, связанных с неисправностями и отказами элементов конструкции грузовых вагонов.

Полученная информация позволяет произвести аргументированный выбор управляющих воздействий:

- планирование организационно-технических мероприятий, направленных на снижение технических рисков;
- соблюдение соответствия технических параметров конструктивных элементов грузовых вагонов нормам качества, прописанным в нормативно-технической документации;
- проведение оценки полученных вновь данных для дальнейшего проведения научных исследований.

Управление рисками на МГСП – ряд операций, направленных на прогнозирование и планирование работ, связанных с поддержанием исправного состояния

вагонов межгосударственного сообщения, проводимых с использованием единой нормативно-технической документации, распространенной на территории России и некоторых стран, входящих в состав бывшего СССР.

Многочисленные и разнообразные факторы технического риска, с которыми может столкнуться межгосударственный стыковой пункт, определяются соответствующим методом по его снижению. Но для введения рациональных управленческих мероприятий требуются точные количественные значения, оценить которые возможно лишь математическими расчетами.

Следовательно, для оперативного и заблаговременного осуществления управления факторами риска с возможностью прогнозирования последствий от ущербов в случае влияния неисправных технических состояний грузовых вагонов на функционирование МГСП требуется автоматизация расчетов (оценка). В результате проведения расчетов, удобство которых достигается за счет проведения расчетов на ЭВМ, возникает более упрощенный и наглядный выбор необходимых для устранения факторов риска материальных, технических, финансовых и людских ресурсов.

Вследствие необходимости непрерывного проведения оценки большого объема данных возникает потребность в создании программного продукта. Программное обеспечение, разработанное в среде *Visual studio*, выполненное в виде приложения *Windows*, удобно в эксплуатации и носит более прикладной характер. В дальнейшем преимуществом программного комплекса будет являться ее интеграция в систему автоматизированных рабочих мест вагонного хозяйства. Тем самым давая возможность объединения баз данных информационных систем, существующих систем ОАО «РЖД» с программой расчета и оценивания характеристик МГСП в процессе ТО и оценок рисков.

Исключение или минимизация технического риска отказа функционирования МГСП достигается с помощью управления параметрами, влияющими на ТО. Таким образом, управление риском производится на апостериорном (после совершения события) уровне. Следует отметить, что управление подобным риском

является специфичным и узконаправленным, располагающимся на стыке двух и более научных направлений.

Выводы по главе 1

1. Результаты анализа производственных показателей деятельности МГСП продемонстрировали, что наиболее подвержены риску отказа грузовые вагоны по неисправностям литых деталей и колесных пар. Определены неисправности вагонов с некорректными данными по трафарету на узлах и деталях вагонов, такие вагоны являются контрафактными. Пропуск подобных вагонов ведет к риску нарушения безопасности железнодорожных грузоперевозок на территории страны. Возникновение подобных событий несет вероятностный характер и наносит технический ущерб. Следовательно, возложенные на МГСП контроль и устранение таких событий возможно оценить с математической точки зрения.

2. Для изучения природы отказов технического состояния грузовых вагонов произведено исследование и предложено определение понятия «риск». По роду деятельности и основным сферам его возникновения рассмотрены основные виды рисков. Выявленные риски собраны в общую классификационную схему рисков, характерных для деятельности межгосударственного стыкового пункта.

3. Так как работы по исследованию рисков и его управлению используются в разных областях деятельности – в вагонном хозяйстве это является своего рода новшеством, соответственно, в настоящей работе предложен перечень методов, применимых в техническом обслуживании вагонов.

4. Произведен анализ существующих методов управления рисками, и определены основные этапы его управления. Процесс анализа, идентификации, оценки риска и принятия мер по его снижению или устранению является процессом управления риском.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Рассматриваются основные аспекты в производственном процессе с точки зрения математического анализа и оценки функционирования МГСП. Предложена математическая модель оценки технического обслуживания вагонов и влияние на функционирование МГСП при условии выявления риска отказа вагонов, позволяющая спрогнозировать поведение системы. В результате использования методов теории массового обслуживания, теории графов и теории систем предложена вероятностная модель межгосударственного стыкового пункта в условиях риска обнаружения неисправных грузовых вагонов, позволяющая определить влияние технического состояния обслуживаемых составов с грузовыми вагонами на результат обработки в течение смены на МГСП.

2.1. Основные предпосылки и направления разработки математической модели технического обслуживания вагонов

В исследовании [1] предложена усовершенствованная отраслевая методика планирования затрат на внеплановые виды ремонта грузовых вагонов. Методика позволяет установить предельное значение объемных показателей проведения текущего ремонта вагонов, при котором обеспечивается рентабельность произведенных работ. При этом основная концепция формирования затрат по прочим видам деятельности заключается в ориентированности на клиента, вследствие чего произведена непосредственная оценка влияния концепции. Вместе с этим разработан способ снижения затрат на передачу и ремонт востребованных основных деталей грузовых вагонов на основе схемы сбалансированного распределения востребованных номерных деталей по критерию минимальных затрат на перевозку и проведение ремонтных работ.

На основании проведенного опытного и серийного эксперимента в виде эксплуатации ряда разнотипных вагонов была получена полноценная и непрерывная информация о техническом состоянии испытываемых вагонов, бóльшая из

которых была переведена в серийное производство. Благодаря полученным экспериментальным результатам установлены законы распределения времени безотказной работы вагонов, им соответствуют закон распределения Вейбулла и логарифмически-нормальный. Определен средний срок службы полувагонов равный двадцати двум годам в условиях влияния коррозионного износа в непрерывной эксплуатации, длительность которого зависит от рода перевозимого груза [18].

На состояние безопасной эксплуатации грузовых вагонов помимо технического обслуживания влияет качественный ремонт, проводимый как по графику, так и в случае необходимости. Так, в работе [31] показано, что, а основании доказанных и эффективных методов проведения ремонта, снизился риск аварий на различных дорогах сети. Достигнуто это было за счет разработки методических рекомендаций по реализации недопущения аварий либо смягчения последствий от их возникновения. Рекомендации содержат в себе четыре этапа (рубежа), первый из которых ориентирован на проектирование вагона, был усовершенствован по части корректировки понятий и терминов безопасной эксплуатации вагонов, а также предложением использования новых требований к количественным показателям.

В качестве меры безопасности вагона установлен параметр его допустимого пробега между диагностиками. На основе методов теории вероятностей предложена схема предрасположенности вагона к авариям, что позволяет рационально распределять усилия разноплановых специалистов относительно исследуемого вагона. Таким образом, снижены отцепки вагонов с истекшим сроком по плановым ремонтам.

Совершенствование организации технического обслуживания также достигнуто за счет экономически обоснованного распределения затрат на содержание и управление финансовыми процессами эксплуатации и ремонта вагонов, об этом свидетельствуют результаты, описанные в работе [43]. Суть метода управления финансовыми потоками заключается в установлении оценки надежности систем принятия решений и объединения входящих потоков экономической информации с локальными системами управления стоимостными процессами ТО и Р

подвижного состава. Разработана система финансового взаимодействия между собственниками вагонов и вагонным хозяйством, производящим текущий отцепочный ремонт вагонов с возможностью отображения агрегированных данных и полноценной реализации модуля расчета итоговых документов [108].

Исследованиями улучшения технического обслуживания вагонов занимаются и на примере Улан-Баторской железной дороги. Основными составляющими исследования, помимо общепринятого анализа технического состояния эксплуатируемых вагонов, является учет эксплуатационной среды, оборота вагона, и разработка методики протяженности гарантийных участков ПТО. На примере Улан-Баторской железной дороги разработан альтернативный устоявшейся системе ТО и Р программный продукт оптимизации [85].

Альтернативным решением улучшения и контроля технического состояния вагона является проведение оценки остаточного срока службы ответственного узла или детали. Данная методика позволяет оценить параметр безопасности грузового вагона исходя из отнесения составляющих конструктивных элементов к возрастным группам, что заметно снижает риск установки на вагоны устаревшие или находящиеся в предельном состоянии детали. Достигается решение этой проблемы за счет наличия сведений о статистически сложившемся информационном паспорте узла или детали вагона, который будет вестись, и контролироваться на предприятиях вагоноремонтных депо.

С учетом проведенных экспериментов разработана модель вероятностей оценки остаточного ресурса эксплуатируемой детали вагона. С помощью дерева отказов определены уязвимые места вагонов, которые определяют наличием трещин и изломов ответственных деталей: боковая рама и надрессорная балка тележки, колесо, элементы автосцепного оборудования. Предложенная модель экономически целесообразна, так как выявляет параметры эксплуатационной среды на стоимость жизненного цикла и себестоимость перевозок исследуемого вагона [86].

С целью вовлечения в эксплуатационную деятельность вагонов цистерн разных типов, в работе [90] была изложена методика трансформации цистерны-

цементовоза в цистерну для перевозки светлых нефтепродуктов. Особенностью исследования с точки зрения технического обслуживания является разработка упреждающего ТО тележки модели 18–100. Предлагаемый регламент проведения представлен в качестве стратегии, которая состоит из четырех подуровней. Первый уровень, или блок оперирует входными данными, содержащими информацию о работе с вагоном, проводимых работах по ремонту, обслуживанию, погрузке и выгрузке в течение оцениваемого периода времени. Второй блок является информационным или, другими словами, своеобразной базой данных, содержащей количественную информацию о проводимых действиях с вагоном. Модельный блок является третьим уровнем и отвечает за расчетную часть, включающую в себя и алгоритм по трансформации вагона-цистерны. Следует учесть, что предложенная методика упреждающего ТО и Р распространяется на специализированные предприятия, имеющие в своем арсенале необходимые инструменты и оборудование для реализации вышеописанного алгоритма. Впрочем, в рамках этого метода достигается итоговый прикладной блок, ориентированный на адресное ремонтно-профилактическое обеспечение.

В условиях рыночной реструктуризации и необходимости в повышении показателей грузооборота и дальности перевозок, в [91] научно обоснованы и рассчитаны параметры увеличения гарантийных участков ПТО. В условиях оптимизации параметров системы ТО за основу брался показатель живучести грузового вагона, что позволило с экономической точки зрения обосновать пределы назначенного срока служб [91].

Методика, описанная в работе [96], нацелена на обоснование рациональных величин межремонтных нормативов грузовых вагонов с использованием подхода определения, требуемого числа объектов испытаний, что является несравнимым преимуществом при создании новейших моделей вагонов. Данный подход аргументирован такими критериями, как возможность оценить межремонтный период эксплуатации вагонов при наименьших данных по числу испытаний вагона с сохранением достоверности и точности проводимых расчетов, даже при отсутствии наработанных статистических данных об отказах вагонов.

В условиях разработанной методики оценки технического состояния поглощающего аппарата грузовых вагонов установлена вероятность отказа по корпусам автосцепки – 0,052; трещинам рамы вагона – 0,0314; неисправности кузова вагона – 0,014. Создана математическая модель работы поглощающего аппарата в условиях квазистатического сжатия, при которой расхождения теоретических значений с экспериментальными абсолютно незначительны и малы. На основании проведенных исследований разработан стенд для испытаний и ремонта поглощающих аппаратов разнотипных грузовых вагонов с возможностью снятия силовых характеристик при сжатии до 1,6 МН при скорости менее одной сотой метра [103].

Рассмотрение организации грузоперевозок с использованием железнодорожного транспорта в условиях обширной взаимосвязи с иными службами и предприятиями представлено в виде крупной транспортно-технологической системы, эффективность работы которой во многом зависит от географического месторасположения, сбалансированности производственных мощностей, требований клиентов транспорта к качеству перевозки грузов, ресурсных потоков, возможности экспорта и импорта грузов и др. Предлагаемый в работе [107] метод транспортной логистики для исследования транспортных потоков в ТТС позволяет оценить факторы задержек в пропуске, обслуживании и переработке вагонопотоков; в работе [107] указан перечень причин задержек, один из которых – недостаточный уровень контроля эффективного управления вагонопотоками между железнодорожными путями необщего пользования и примыкания к сети магистральных железных дорог. Установлена взаимосвязь, определяющая снижение величины транспортных затрат по совершенствованию организации железнодорожных ТТС. На примере Магнитогорского металлургического комбината проведена оценка эффективности внедрения предложенной модели ТТС в виде алгоритма и метода усиления пропускной способности железнодорожных станций на путях необщего пользования, примыкающих к ММК.

Исследованиями научно-обоснованного определения расстояния гарантийного участка вагонов занималось немало ученых, но в работе [110] пристальное

внимание уделяется сохранению безопасного движения грузовых вагонов не только на основании информации о безотказности работы, но и с учетом внедрения непрерывной технической диагностики состояния конструктивных элементов вагона на протяжении всего жизненного цикла.

Вероятностное событие, возникающее в сочетании с ущербом, имеет рискованный характер воздействия на исследуемый объект, в современных условиях принятие мер, основанных на одних лишь экспертных решениях является недостаточным, следовательно, необходима тщательная проработка статистических данных по результатам проведения ремонтных и эксплуатационных работ с целью установки частоты появления определенного отказа с возможностью математического обоснования. В рамках исследования перевозок опасных грузов подвижным составом описан регламент действий по снижению рисков аварий и крушений с летальным исходом в следующих работах [119, 120, 125, 127].

Исследованиями надежности грузовых вагонов занимался ученый МИИТа П. А. Устич [121–124]. В своей докторской диссертации он описал результаты анализа и оценки расчетов восьмиосных цистерн, которые подвергаются риску отказов в ходовых частях, что влияет на увеличение наработки на отказ в связи с появлением внезапных отказов в связи с усталостными трещинами, находящимися в скрытом аварийном состоянии.

Учеными ВНИИЖТ проводились исследования в области технического состояния вагонов, пересекающих межгосударственные границы. В работах [87, 104–106] раскрывается суть применения усовершенствованного метода оценки технического состояния вагонов с помощью автоматизированной идентификации двумерного штрихкода с поверхности основных узлов и деталей вагонов. Данный метод позволяет определить в режиме реального времени принадлежность фактического узла и детали к электронному паспорту вагона, что в разы снизит возможность внедрения неравноценной подмены или установки вместо оригинального узла – контрафакта. Разработка методов оценки анализа управления рисками ресурсами и надежностью факторов технических объектов нашли отражение в работах [33, 49].

Определение фактора риска занимает ключевую роль, исходя из области деятельности, в которой возникает риск. Исследуемый фактор риска подвергается всестороннему анализу, учитываются все источники информации. На основании полученной информации производится выбор метода, на основе которого будет произведена оценка. Результаты оценок, чаще всего аналитических и вероятностных, дают основу полагать, какого плана мероприятий следует придерживаться, чтобы эффективно управлять рисками.

Различают два вида методов оценки рисков: качественные и количественные. В основу качественной оценки рисков входит описание нежелательного и вероятностного события, которое анализируется согласно классификационной схеме технического риска. В результате этого анализа определяется примерная стоимость от возможных потерь. Результатом анализа является ранговая классификация выявленных рисков событий, которые учитываются при разработке процесса управления рисками.

Сформированные результаты качественной оценки рисков дают основу для проведения количественной оценки рисков. Несмотря на наличие обширного перечня методов количественной оценки рисков, общей целью всех существующих методов является определение численной величины уровня конкретного риска. Так как риск является вероятностной величиной, соответственно, математические методы оценки строятся на основе теорий вероятностей, статистического анализа и т. д.

В научных исследованиях, посвященных проблеме риска выделяются, три группы методов количественной оценки риска. Методы оценки рисков используются в зависимости от определяемого вида риска и факторов его возникновения. Рассмотрим перечень методов оценки рисков с целью определения подходящего метода для разработки модели оценки обслуживания вагонов в пункте по обработке вагонов (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнительный анализ методов оценки рисков

Наименование метода оценки рисков	Описание
Статистические [73]	<p>Метод основан в 1933 г. и базируется на результатах исследований статистической информации о производственно-экономических потерях, определяется частотная характеристика выделенных уровней ущерба с последующей прогнозной оценкой на основе методов теории вероятностей. В качестве величин, определяемых риск, рассчитываются: среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, математическое ожидание и дисперсия.</p> <p>При наличии априорного распределения следует обращаться к теории принятия решений, изложенной статистическими задачами Вальда. Отдельные направления статистическом анализе в условиях субъективных возможностей развиты в работах по теориям игр Фон Нэймана и Morgenштерна. В случае переключения внимания с априорных распределений на субъективные возникает байесовская теория решений, данный подход изложен в работах Райфа и Шлайфера</p>
Дерева решений	<p>Метод управления рисками, основанный на «дереве решений» применяется при наличии обозримого количества вариантов решений. Для использования указанного метода требуется наличие полной и достоверной информации об исследуемом факторе или объекте. Использование этого метода возможно строго по описанному алгоритму действий исследования объекта, процесса. Заключается он в выявлении ключевых событий; описании всех возможных исходов и решений; оценке вероятностей с определением стоимости каждого из этапов жизненного цикла. Единственным недостатком применения этого метода является отсутствие описания всевозможных сценариев развития с наличием достоверности информации и вероятности реализации, по причине нестабильной экономической среды</p>
Методы экспертных оценок	<p>Широкое применение в области оценок рисков получил метод экспертных оценок. Данный метод включает в себя совокупность логических и математических инструментов прикладной математической статистики, а также опыта, знаний и интуиции высококвалифицированных специалистов. Преимуществом метода является адаптивность к внешнеэкономическим изменениям в силу использования способностей нахождения эффективного решения на основе гипотетических представлений о решениях частных и глобальных проблем, опыте и интуиции</p>
Методы массового обслуживания [24–25, 97]	<p>В условиях массовости и серийности производства с определением брака и несоответствия требованиям нормы технических средств требуется оценка рисков, которая описывается в методах массового обслуживания. Преимуществом данного метода является возможность оценки вероятности событий перехода между состояниями технических средств, а также возможность проведения требуемого числа расчетных циклов оценивания. Возникает возможность трехуровневой оценки риска процесса (системы) производства на основе введения «псевдосостояния», а также дополнительных возможностей оценки переходов между состояниями с «поглощением»</p>

Недостатком является субъективность оценки риска, что отражается на результате и качестве оценки. Единственным решением данного недостатка служит научно-обоснованное проведение экспертизы всех этапов, причем на основе количественной оценки. Использование данного метода должно быть ориентировано на системный подход решения задачи, так как этот способ дает возможность учитывать все виды зависимостей и распределений, с использованием различных показателей эффективности, что положительно отражается на учете и вычислении совокупного риска.

На основе проведенного в таблице 4 анализа методов оценки рисков в производственных предприятиях становится возможным определение специального метода, вбирающего в себя информацию, собираемую в суточный период. Таким методом для обоснования оценки риска с целью определения вероятности искомым событиям является метод массового обслуживания.

2.2. Обоснование использования теории массового обслуживания при разработке модели обслуживания вагонов

Согласно трехуровневой системе управления вагонным хозяйством (рисунок 7) существует практика формирования отчетности о результатах работы подразделений вагонного хозяйства с количественными данными о вагонах, перевозящих грузы в межгосударственном сообщении в состояниях: исправном работоспособном, неисправном работоспособном и неработоспособном неисправном. В результате чего формируются интенсивности отказов вагонов, выявленных в процессе технического обслуживания.

Функционирование межгосударственных передаточных станций складывается из нескольких видов деятельности. Каждый вид распределен по службам, отвечающим за обособленные функции, связанные с приемом и отправлением поездов, перегрузочными работами, учетом перехода и контролем фактической бортовой нумерации вагонов и контейнеров. Ряд служб, взаимодействующих с вагонами, выполняют обслуживание вагонов и ремонт без отцепки, коммерческий

осмотр, обработку документов, таможенный, пограничный досмотр объектов, перевозимых через государственные границы, маневровую работу по постановке и перестановке подвижных единиц, а также управление процессом движения (рисунок 8 [29]).

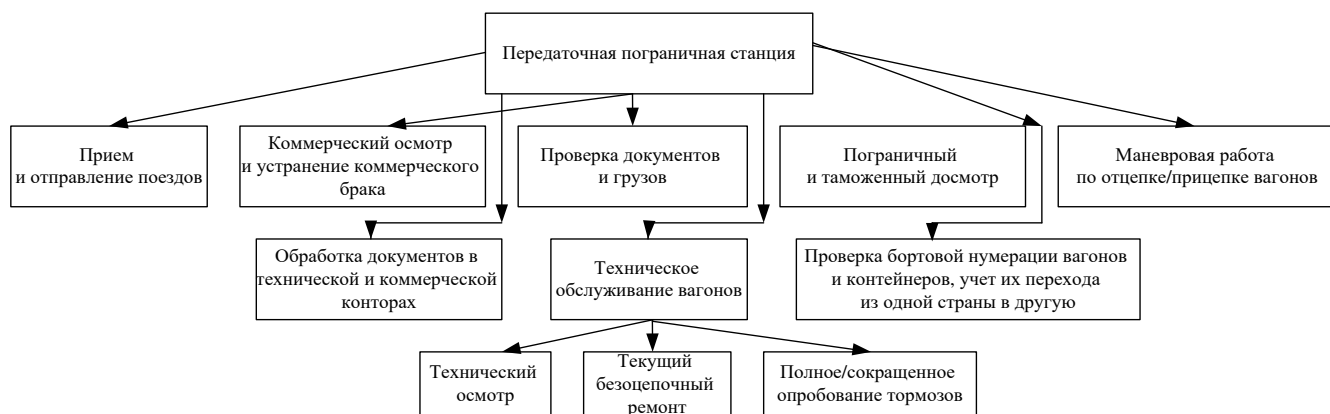


Рисунок 8 – Структурная схема перечня выполняемых работ передаточной приграничной станции

На рисунке 8 представлена структура выполняемых работ на типовой передаточной приграничной станции. За сохранность и техническую исправность грузовых вагонов отвечают сотрудники подразделения службы вагонного хозяйства.

Общая структура организации проведения проверки и ремонтных работ грузовых вагонов сохраняется во всех подразделениях вагонного хозяйства, то есть разделение парков обслуживания на прибытия и отправления, сохраняется.

Таким образом, обслуживание вагонов, прибывших на путь, производится в соответствующем парке прибытия с проведением осмотра и выявления технически неисправных и неработоспособных вагонов, а также указанием на неисправности, которые возможно устранить путем безоцепочного ремонта. После проведения сортировки вагонов по группам в составе до места назначения, состав выводится на пути необщего пользования парка отправления. Специфика проведения технического обслуживания в парках отправления значительно отличается от работ в парке прибытия. Отличие состоит в проведении полного и сокращенного опробования тормозной системы и устранения неисправностей, указанных колле-

гами из парка прибытия на кузове вагона, путем восстановления технического состояния вагонов безотцепочным ремонтом. Обслуживание транзитных поездов, прибывших без расформирования, передается на парк отправления (рисунок 9).

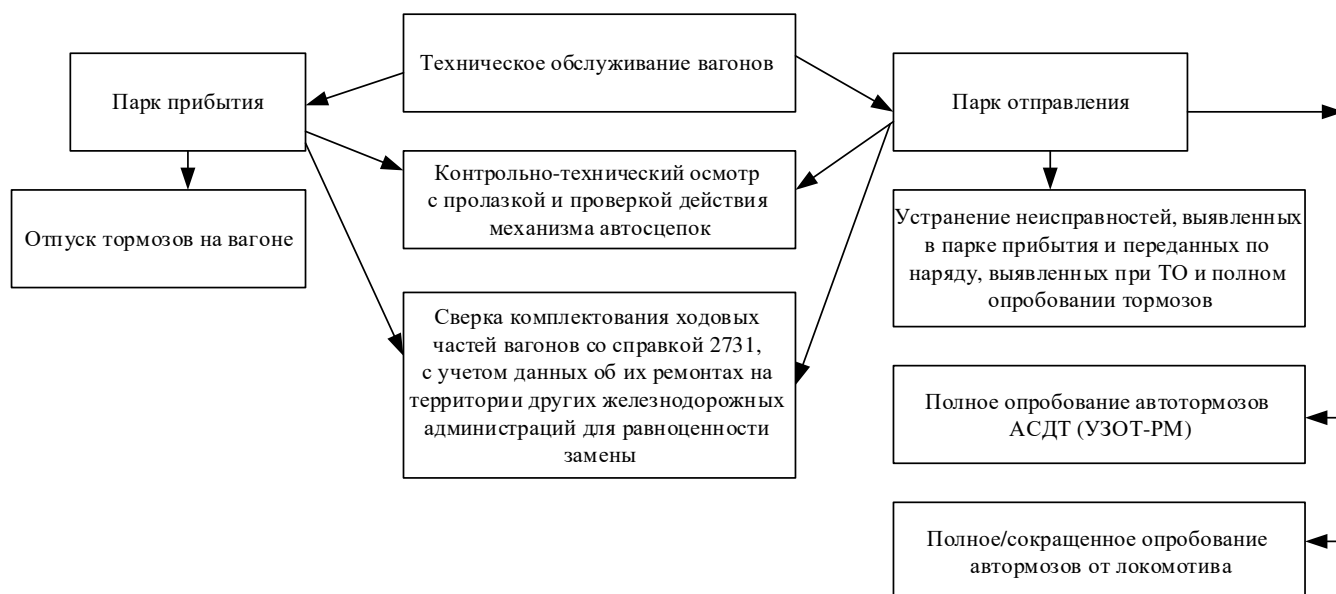


Рисунок 9 – Объем выполняемых работ в процессе ТО на МГСП

Перечень основных работ по обслуживанию и ремонту вагонов, указанных на рисунке 9, выполняют специально обученные сотрудники межгосударственного стыкового пункта – осмотрщики-ремонтники вагонов (бригада). Целью бригад осмотрщиков вагонов является контроль технического состояния вагонов, своевременное выявление технически неисправных и угрожающих безопасности движения поездов. Схема проведения работ по выявлению неисправных вагонов представлена на рисунке 10.

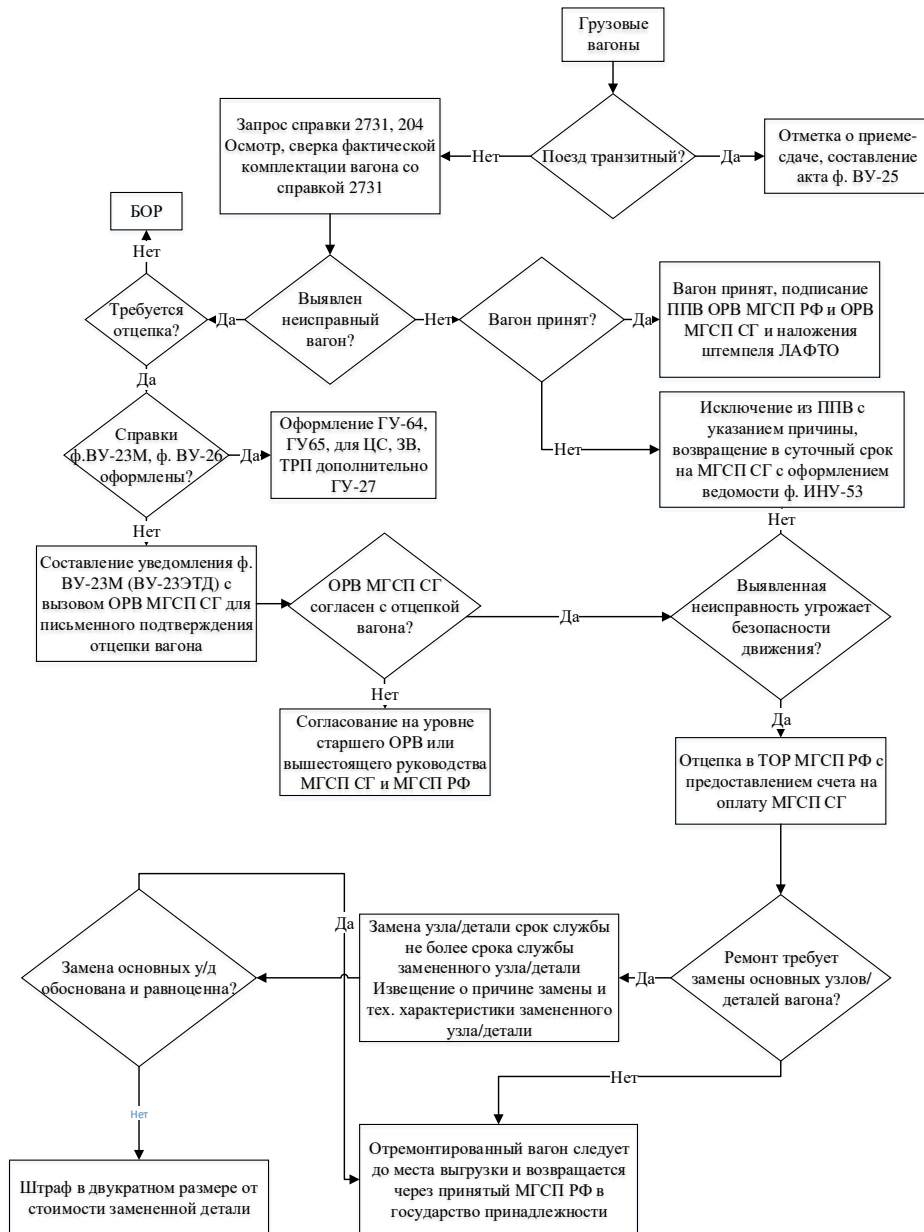


Рисунок 10 – Алгоритм проведения технического обслуживания на МГСП:

ТО – техническое обслуживание; БОР – безотцепочный ремонт. Виды информационных сообщений, справок: справки 2731, сообщение 204 – осмотр, сверка фактической комплектации вагона со справкой; акта ф. ВУ-25 – отметка о приеме-сдаче вагонов; ф. ВУ-23М – уведомление об отцепке вагона в ремонт; ф. ВУ-26 – уведомление о пересылке вагона в ремонт; ф. ГУ-64 – перевозочная накладная; ф. ГУ-65 – дорожная ведомость; ф. ГУ-23 – акт общей формы, описывающая обстоятельства задержки вагона.

На рисунке 10 представлен алгоритм, используемый на пункте по обслуживанию вагонов, пересекающих государственные границы. Последовательность действий по техническому обслуживанию вагонов, поступающих на МГСП в раз-

личных технических состояниях, прописывают в нормативно-технических документах, технологических процессах. Ранее процесс обслуживания с математической точки зрения на МГСП не описывался, либо использовались методы расчета, разработанные для работы пунктов технического обслуживания вагонов. В данном исследовании предлагается интерпретация организации работы с использованием математического аппарата, соответствующего требованиям производственной деятельности межгосударственного пункта. Так как, процесс технического обслуживания влияет на результаты системы функционирования МГСП целесообразно применить теорию массового обслуживания, в которой неисправность поступившего под обслуживание вагона, является условием риска отказа функционирования МГСП.

Последовательность действий по техническому обслуживанию вагонов, поступающих на МГСП в различных технических состояниях, прописывают в нормативно-технических документах, технологических процессах. Представим, что вагон, обслуживаемый на МГСП, является объектом подсистемы состава с вагонами, тогда МГСП является сложной системой (рисунок 11).

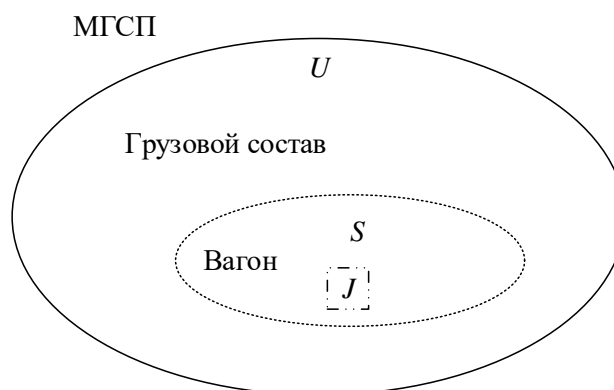


Рисунок 11 – Место и роль вагона в системе обслуживания на МГСП

Особенности обслуживания каждого типа вагона и конструкции подвергаются исследованию со стороны сотрудников вагонного хозяйства, инженерами и учеными, занимающимися в этой области. Вследствие чего возможность повлиять

на результат обслуживания вагонов и их техническое состояние появляется в процессе управления рисками технических отказов [24–25].

Представим, что процесс поступления составов с вагонами на пункт для проведения организационно – технических работ является своего рода событием. Совокупность составов, поступающих в течение заданного интервала времени является потоком событий. Поток событий называется потоком без последствия, если вероятность выявленных в составе неисправных вагонов не зависит от того, сколько их было выявлено в других составах. Примем, что событие, заключающееся в поступлении состава под обслуживание для одного пути и канала обслуживания, равняется единице. Число поступающих составов с вагонами не зависит от значения начального времени, а лишь от интервала промежутка, в котором рассматривается поток поступления. Таким образом, обладающий всеми тремя свойствами поток называется простейшим пуассоновским потоком. Число событий, попадающих на интервал, распределен по закону Пуассона с параметром $a = \lambda t$.

Поток событий называется стационарным, если все его вероятностные характеристики не меняются со временем. Поток событий называется потоком без последствия, если вероятность выявленных в составе неисправных вагонов не зависит от того, сколько их было выявлено в других составах. Поток событий называется ординарным, если пребывающие на МГСП поезда появляются в нем поодиночке, а не «пачками» по два, три и т. д. Это объясняется тем, что вероятность прибытия за короткий промежуток времени на МГСП двух и более поездов пренебрежимо мала, по сравнению с вероятностью прибытия на него одного поезда; связано это с загруженностью железнодорожных путей другими поездами на МГСП. Существование предела подачи составов под ТО в исследуемом потоке событий называется интенсивностью (плотностью) $\lambda(t)$ ординарного потока событий в определенный момент времени t [24-25]:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{M[X(t, \Delta t)]}{\Delta t}. \quad (2)$$

Режим функционирования МГСП можно определить с помощью характеристики режима работы МГСП, называемой коэффициентом загрузки си-

стемы, рисунок 12:

$$\rho_{\text{МГСП}} = \frac{\lambda_{\text{МГСП}}}{\mu_{\text{МГСП}}}. \quad (3)$$

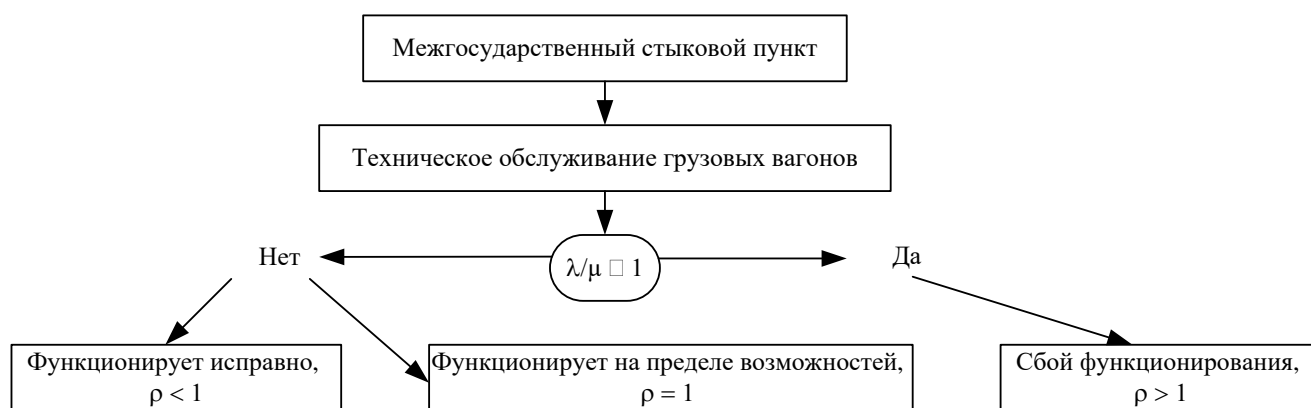


Рисунок 12 – Графическое отображение режима загрузки системы МГСП

Исходя из рисунка 12, следует обратить внимание, что нормальным состоянием работы межгосударственного пункта является условие загрузки равное меньше единицы. Вероятность поступления в систему z вагонов под ТО на МГСП за время t :

$$P_z(t) = \frac{(\lambda_{\text{МГСП}} t)^z}{z!} e^{-\lambda_{\text{МГСП}} t}, \text{ при } z \geq 0. \quad (4)$$

Искомый период времени (интервал) между обслуживаемыми составами распределяется по экспоненциальному (показательному) закону с параметром $\lambda_{\text{МГСП}}$:

$$f(t) = \lambda_{\text{МГСП}} e^{-\lambda_{\text{МГСП}} t_{\text{МГСП}}}. \quad (5)$$

Очевидно, что режим функционирования зависит от потока поступающих под обслуживание вагонов в определенный временной интервал. Тогда интенсивность поступления заявок определяется:

$$\lambda_{\text{МГСП}} = \frac{1}{t_{\text{МГСП}}}, \quad (6)$$

где $\lambda_{\text{МГСП}}$ – интенсивность поступления вагонов под обслуживание на межгосударственный пункт;

$t_{\text{МГСП}}$ – интервал поступления вагонов в течение смены.

Время на обслуживание составов на МГСП регламентировано типовым технологическим процессом, но на практике может отличаться от принятых норм. Определим для установленного периода времени между обслуживаемыми составами – он распределяется по экспоненциальному (показательному) закону с параметром $\mu_{\text{МГСП}}$ и называется интенсивностью обслуживания, которая определяется исходя из времени затрачиваемого на проведение организационно-технических работ по восстановлению ресурса одного вагона:

$$\mu_{\text{МГСП}} = \frac{1}{\bar{t}}, \quad (7)$$

где \bar{t} – среднее время обслуживания состава с грузовыми вагонами.

Для составления графа состояний функционирования МГСП введем следующие основные параметры:

r – количество путей, которое ограничено из-за технических возможностей пункта;

n – количество каналов обслуживания, в случае деятельности межгосударственного пункта, это обслуживающие бригады;

m – наибольшее количество составов поступающих на пункт в течение заданного промежутка времени;

z – количество вагонов в составе для произвольного промежутка времени;

S_i – состояние, в котором находится система МГСП в процессе функционирования в произвольный момент времени,

P_i – вероятность i -го состояния.

Показатели качества функционирования МГСП. Первый показатель P_0 является функцией трех аргументов, т. е. $p_0(n, \mu_{\text{МГСП}}, \lambda_{\text{МГСП}})$. Как показано в [102], на значения этих аргументов следует наложить ограничение, при соблюдении которых выполняются соотношения $\frac{\lambda_{\text{МГСП}}}{n\mu_{\text{МГСП}}} < 1$. Такие значения $\lambda_{\text{МГСП}}$, $\mu_{\text{МГСП}}$ и n называют допустимыми. Требуется найти такие допустимые значения $\lambda_{\text{МГСП}}$, $\mu_{\text{МГСП}}$ и n , при которых величина функции $p_0(n, \mu_{\text{МГСП}}, \lambda_{\text{МГСП}})$, достигает своего

минимума. Тем самым сформулирована задача на условный экстремум.

Тем не менее, в работе рассматривается помимо основных параметров, влияние технического состояния грузовых вагонов на процесс обслуживания, описание которого производится в следующем пункте.

2.3. Математическое представление грузового вагона в системе межгосударственного стыкового пункта

Пункт по обслуживанию вновь поступивших вагонов межгосударственного сообщения представлен как сложная организационная система массового обслуживания, способная совершать переходы между производственными состояниями. Элементами этой системы являются обслуживаемые составы с грузовыми вагонами, причем в рамках данного исследования обслуживание составов представляется как подсистема МГСП, а вагоны как отдельные объекты, имеющие свои технические характеристики.

Переход вагона между различными техническими состояниями носит вероятностный характер. В результате неисправное состояние вагона в процессе, обслуживания может негативно повлиять на функционирование МГСП. Сочетание вероятного перехода в неисправное состояние и ущерба, понесенного от совершения этого события, называется риском отказа вагона.

Известно, что грузовой вагон в результате проведения ТО может быть выявлен и находиться в одном из трех технических состояний: исправный – $J_z(0)$, неисправный – $J_z(1)$, неисправный неработоспособный – $J_z(2)$. Восстановление технических ресурсов неисправного неработоспособного вагона достигается на текущем отцепочном ремонте. В рамках технического обслуживания на МГСП работы, совершаемые с вагонами, производятся при наличии одного из двух состояний $J_z(0)$, $J_z(1)$ (рисунок 13).

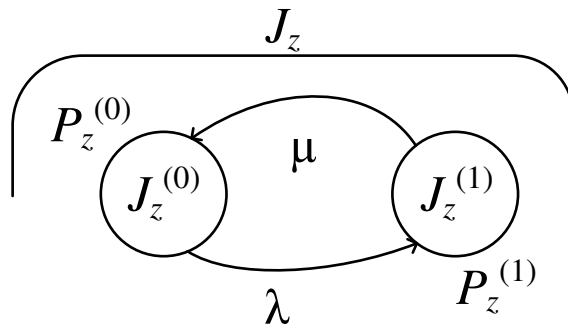


Рисунок 13– Граф вероятностных переходов

между техническими состояниями вагона на пункте:

$J_z^{(0)}$ – состояние, допустимое к эксплуатации вагона; $J_z^{(1)}$ – состояние, восстанавливаемое ремонтом без отцепки; λ_z – интенсивность перехода в неисправное состояние вагона; μ_z – величина обратная интенсивности отказа; $P_z(i)$ – значение уровня вероятности перехода между заданными состояниями

Техническое обслуживание производится для нескольких групп грузовых вагонов, для расчета вероятности перехода между состояниями функционирования МГСП используется теория массового обслуживания, где вагон в составе – это объект системы МГСП, состав является подсистемой МГСП, а МГСП – это система, в которой производится контроль, ТО и восстановление технических ресурсов безотцепочным ремонтом вагонов.

Вагон, в котором выявленные неисправности не угрожают безопасности движения поездов и восстанавливаются путем замены и регулировке мелких деталей и частей без необходимости отцепки от состава, описывается вероятностным переходом между состояниями $J_z^{(1)}$ в $J_z^{(0)}$. Соответственно, время, затрачиваемое на восстановление вагона, разделено на интервалы T_1, T_2, \dots , являющие собой случайными величинами, распределенными с одинаковой плотностью $f(t)$ по показательному закону (таблица 5).

При обслуживании вагонов в составе изначально задается интенсивность поступления заявки (состава) на МГСП, которой недостаточно, чтобы с заданной интенсивностью продолжить обслуживание других составов. Это связано с тем, что технические состояния вагонов, как известно из результатов анализа первой главы, имеют различие и влияют на время, затрачиваемое на восстановление. Ин-

тервал времени, затрачиваемого на один вагон, складывается из количества времени затрачиваемого на проверку целостности конструктивных элементов в процессе осмотра вагона при движении (встреча поезда на островке безопасности), безотцепочного ремонта, сверки комплектации вагона, опробования тормозов и т.д.

Таблица 5 – Распределение времени на проведение обслуживания вагонов

Время, затрачиваемое в парке прибытия, $T_{\text{приб.}}$	Вид работ	Время, затрачиваемое в парке отправления, $T_{\text{отпр.}}$
1. Встреча поезда, проверка с ходу состояния вагонов	Общ.	1. Встреча поезда, проверка с ходу состояния вагонов
2. Разъединение рукавов тормозной магистрали, отпуск тормозов	Общ.	2. Соединение рукавов тормозной магистрали, зарядка тормозов
3. Контрольно-технический осмотр вагона	Общ.	3. Контрольно-технический осмотр вагона
4. Фиксирование неисправных вагонов с нанесением меловой разметки на кузов вагона	БР	4. Восстановление ресурса вагона, устранение, регулировка, замена запасных частей, мелких деталей вагона
5. Сверка фактической комплектации вагона с документами электронного паспорта	Общ.	5. Сверка фактической комплектации вагона с документами электронного паспорта
6. Отцепка неисправного вагона	ТР	6. Отцепка неисправного вагона
	Общ	7. Полное опробование тормозов
	Общ	8. Сокращенное опробование тормозов

Для своевременного выявления неисправностей в указанном перечне узлов и деталей вагонов производится ряд операций, регламентированных технологическим процессом (рисунок 14).

Перечисленные на рисунке 14 организационно-технические мероприятия отражают основной функционал осмотрщиков-ремонтников вагонов (ОРВ), производящих обслуживание вагонов курсирующих в двух направлениях между Россией и сопредельными государствами (СГ).

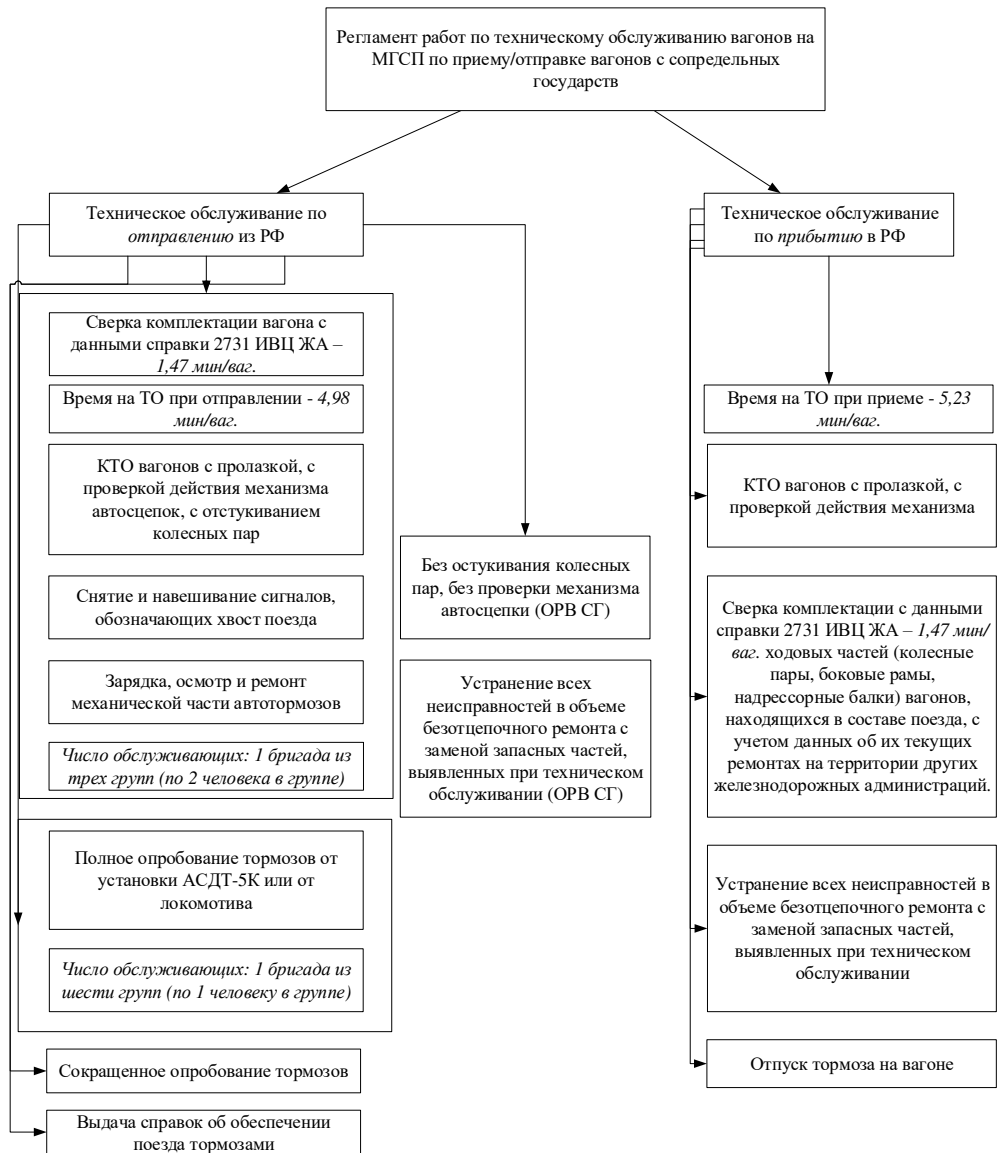


Рисунок 14 Организация обслуживания вагонов межгосударственного сообщения в межгосударственном пункте

Процесс технического обслуживания ограничивается не только контрольно-техническим осмотром и проведением ремонтных работ без отцепки от состава, но и проведением сверки фактической комплектации вагона с электронными данными вагона на предмет выявления замененных или фальсифицированных узлов и деталей. При подозрении на неравноценную замену узлов и деталей вагона производится проверка кодов в труднодоступных местах на бирках и клеймах, отражающих информацию о заводе-изготовителе, стране-собственнице и порядковом номере детали или узла. По результатам осмотра и обнаружения фальсификата производится проверка по наличию документации, информирующей о проведе-

нии замены с указанием даты, наименования предприятия и иных данных, причастных к ремонтным работам. В случае несанкционированного вмешательства и проведения неравноценной замены составляется акт и формируется телеграфное уведомление с указанием счета на предоставление денежных средств в размере двукратного штрафа от стоимости замененной детали.

Для того чтобы определить связь между обслуживаемыми вагонами и составом на МГСП, обратимся к теории массового обслуживания [24–25]. Представим, что вагон J является объектом подсистемы S грузового состава, тогда состав согласно СМО представлен как система с псевдосостояниями. В рассматриваемой системе в качестве входных параметров обозначены интенсивности отказа вагонов в период эксплуатации за прошедший временной интервал, интенсивность восстановления определяется исходя из времени, закладываемого на обслуживание.

Представим в виде системы уравнений состояния вагона в системе МГСП, тогда обслуживание, производимое в стационарном режиме, позволит выразить предельные вероятности.

$$\begin{aligned} p_0^{(z)} &= \frac{\mu}{\lambda} p_1^{(z)}, \\ p_1^{(z)} &= \frac{\lambda}{\mu} p_0^{(z)}, \end{aligned} \quad (8)$$

где $p_0(z) = P \{S = j_0(z)\}$, ($z=0,1,2,\dots$)

После формирования системы уравнений при заданных интенсивностях, определим вероятности промежуточных переходов между состояниями. Через p_j установим, что вагон G в составе на МГСП находится в одном из состояний J_z , тогда вероятность нахождения вагона в заданном состоянии примет вид: $p_j = P \{G \subset J_z\}$, ($j=0,1,2,\dots$) Что в свою очередь позволяет получить вероятность p_0 пребывания вагона в исправном работоспособном состоянии, но задача усложняется в связи с необходимостью установления связи и влияния переходного процесса между техническими состояниями вагона на общий процесс обслуживания вагонов в составе, следовательно, сумма вероятностей не может быть равна еди-

нице $\sum_j^l p_j = 1$, в связи с тем, что вагон является элементом пункта как системы.

Для системы сумма вероятностных переходов между ее состояниями равной единице – верна. Но для вероятностных переходов между состояниями $J_0, J_1, \dots, J_z, \dots, J_l$, вагона имеет ряд особенностей, для которых выражена следующая формула:

$$\left(\sum_{m=0}^{n-1} r_m + r_n \right) \cdot \left(\sum_{j=0}^{l-1} p_j + p_l \right) \cdot \left(\sum_{z=0}^1 p_0^{(z)} + p_1^{(z)} \right) = ap_0 \left(\sum_{m=0}^{n-1} \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 + \sum_{j=0}^{l-1} \frac{\alpha^j}{j!} + \frac{\alpha^l}{l!} p_0 + \frac{\lambda}{\mu} \right) = 1, \quad (9)$$

откуда вероятность перехода вагона между техническими состояниями примет вид:

$$p_j = \frac{\alpha^j / j!}{\left(\sum_{m=0}^{n-1} \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 + \sum_{j=0}^{l-1} \frac{\alpha^j}{j!} + \frac{\alpha^l}{l!} p_0 + \frac{\lambda}{\mu} \right) \cdot \frac{1-a}{a}} = \frac{P(z, \alpha)}{R(z, \alpha) + P(z, \alpha) \cdot \frac{1-a}{a}}, \quad (10)$$

$$(z = 0, 1),$$

$$(j = 0, 1, \dots, l-1),$$

$$(m = 0, 1, \dots, n-1),$$

$$p_l = \frac{\alpha^l / (a \cdot l!)}{\left(\sum_{m=0}^{n-1} \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 + \sum_{j=0}^{l-1} \frac{\alpha^j}{j!} + \frac{\alpha^l}{l!} p_0 + \frac{\lambda}{\mu} \right) \cdot \frac{1-a}{a}} = \frac{\frac{1}{a} P(z, \alpha)}{R(z, \alpha) + P(z, \alpha) \cdot \frac{1-a}{a}}.$$

В соответствии с полученными формулами оценки переходных вероятностей технического состояния вагонов, произведем оценку распределения величин перехода из исправного технического состояния вагона в иные.

Для полученных формул оценки вероятностных переходов между состояниями вагона, выполним расчет. Установим, что вероятность перехода из исправного в неисправное составляет $\lambda_{z0} = 2$, соответственно интенсивность обратного перехода вагона или процесс восстановления составляет $\mu = 1,7$. Интенсивность при переходе из исправного в неисправное неработоспособное состояние, следует незамедлительная отцепка от состава в текущий либо плановый ремонт, составляет $\lambda_{z1} = 2$, соответственно восстановление производится с интенсивностью $\mu = 2,3$. В результате формируется система уравнений, исходя из которой определяются вероятности переходов между состояниями соответствующими $p_0 = 0,27$ и $p_1 = 0,55$ (рисунок 15).

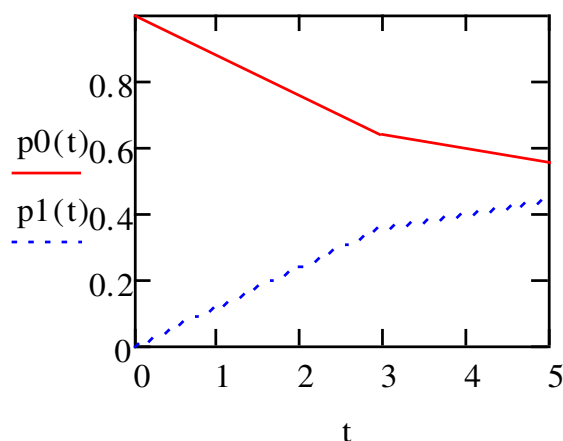


Рисунок 15 – Распределение вероятностей перехода грузового вагона между состояниями: — вероятность восстановления вагона; — вероятность отказа вагона

Результаты моделирования распределения отказа вагона служат основой для проведения дальнейших численных расчетов влияния параметров технического состояния вагонов на работу МГСП.

2.4. Математическая модель организации технического обслуживания состава с грузовыми вагонами на пункте

Описание подсистемы межгосударственного стыкового пункта, которой является состав S с грузовыми вагонами, расположенный на путях необщего пользования, будет производиться с использованием теории графов. Математическая интерпретация подсистемы производится с использованием метода системы массового обслуживания – псевдосостояний.

Модель обслуживания подсистемы МГСП состоит из совокупности вагонов, техническое состояние каждого из вагонов не влияет на состояние другого, но при этом воздействует на процесс обслуживания других вагонов и, следовательно, на формируемые показатели работы системы. Состав с вагонами является параметром МГСП и вместе с тем переходным элементом процесса обслуживания, связывающим параметры технического состояния вагонов с параметрами функционирования исследуемого пункта.

Представим грузовой состав, как подсистему S с имеющимися в нем z вагонами, который обслуживает одна бригада осмотровиков n , такая подсистема является «псевдосостоянием» системы МГСП U , обслуживание в которой одноканальное и производится с ограничением по очереди, т. к. число вагонов не должно превышать заданного нормативной документацией числа вагонов. Длина очереди зависит от количества необслуженных вагонов в остатке в определенный момент времени.

Интенсивность обслуживания формируется исходя из условий, что процесс обслуживания является непрерывным. Величина интервала времени, затрачиваемого на обслуживание вагона, является дискретной. Соответственно, при указанных условиях такой процесс обслуживания является процессом восстановления с показательным законом распределения случайной величины интенсивности $\mu_{\text{обсл}}$ обслуживания, вычисляемая как отношение обслуживаемой единицы объекта подсистемы S к сумме затрачиваемого времени на восстановление $T_{\text{то}}$ и физического перехода $T_{\text{ф.п.}}$ между вагонами.

На основе методики, рассмотренной в [24–25], и данных, указанных выше, составим систему дифференциальных уравнений, для которой необходимы данные о законе распределения величины отказа и неисправностях вагонов, поступающих под ТО на пункт. В систему уравнений закладываются данные о вероятностях отказов вагонов, соответственно затраты времени на отцепку вагонов в текущий ремонт не учитываются.

Организация обслуживания продолжается в интервале заданного времени при условии отсутствующих неисправных конструктивных элементов в вагонах. В случае обнаружения неисправности интенсивность обслуживания изменяется в соответствии с временем, затрачиваемым на восстановление неисправного ресурса вагона.

Процесс обслуживания вагонов в составе S удобно представить графически с использованием методов теории графов, где объектами подсистемы S являются вагоны J со своими вероятностными переходами между техническими состояниями. По дугам обозначены интенсивности обслуживания вагонов в составе, фор-

мируемые по ходу изменения времени, затрачиваемого на организационно-технические операции (рисунок 16).

Расчет для поставленной задачи будет производиться при условии обслуживания одного состава одним каналом (бригадой). Математический расчет производится следующим образом; для k -го количества вагонов составляются уравнения в виде системы алгебраических уравнений Колмогорова. Для организации обслуживания характерны критерии стационарности, соответственно возникает возможность расчета предельных вероятностей для данной одноканальной подсистемы S с ограничением по очереди.

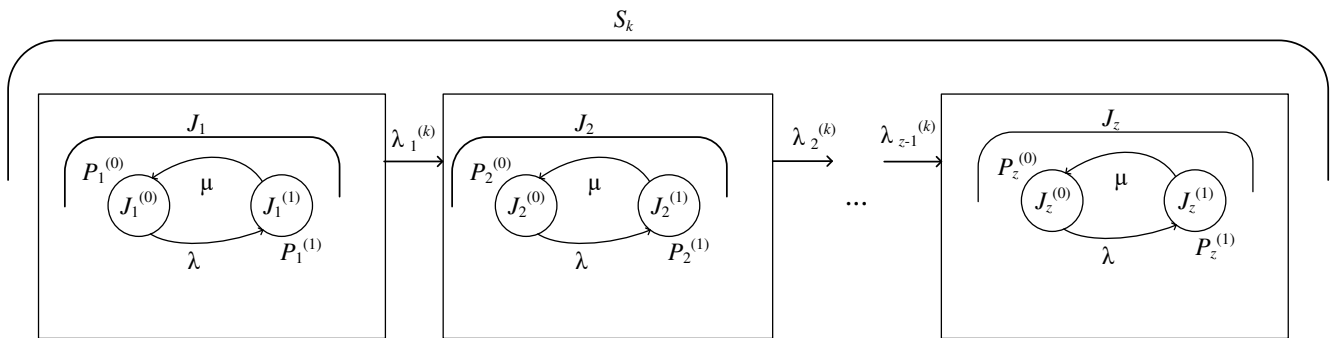


Рисунок 16 – Графическая интерпретация обслуживания вагонов в составе на пункте

Интервалы обслуживания вагонов с различными техническими состояниями позволяют установить, что формируемый поток начала обслуживания следующего вагона представляет собой поток Пальма, что указывает на то, что интервал времени между началом событий, связанных с проведением обслуживания, распределен по обобщенному закону Эрланга $(k+1)$ -го порядка с параметрами $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_k$. Интервал времени технического обслуживания вагонов распределен по показательному закону с параметром $-\mu$.

$$\begin{aligned}
\lambda_0 p_j^{(0)} &= \lambda_1 p_j^{(1)}, \\
\lambda_1 p_j^{(1)} &= \lambda_2 p_j^{(2)}, \\
&\dots\dots\dots \\
\lambda_{i-1} p_j^{(i-1)} &= \lambda_i p_j^{(i)}, \\
&\dots\dots\dots \\
\lambda_{k-1} p_j^{(k-1)} &= \lambda_k p_j^{(k)},
\end{aligned} \tag{9}$$

где $p_j(i) = P \{S = s_j(j)\}$, $i=0,1,2,\dots,k$; ($j=0,1,2,\dots$).

Определимся, что вероятность p_m пребывания подсистемы МГСП или состава с вагонами находится в псевдосостоянии S_m , тогда расчет вероятности производится как сумма вероятностей обслуживания всех вагонов:

$$p_m = p_j^{(1)} + \sum_{i=1}^k p_j^{(i)} = p_j^{(1)} + \sum_{i=1}^k \frac{\lambda_0}{\lambda_i} p_j^{(1)} = p_j^{(1)} \sum_{i=1}^k \frac{\lambda_0}{\lambda_i}. \tag{11}$$

Следовательно, вероятность состояний в условиях простоя бригад при промежуточных переходах, работе над вагонами и при обслуживании хвостового вагона вычисляется по следующей формуле:

$$p_0 = \frac{1/a}{\left(\sum_{m=0}^{n-1} \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 + \sum_{j=0}^{l-1} \frac{\alpha^j}{j!} + \frac{\alpha^l}{l!} \right) \cdot \frac{1-a}{a}}, \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
p_j &= \frac{\alpha^j / j!}{\left(\sum_{m=0}^n \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 + \sum_{j=0}^{l-1} \frac{\alpha^j}{j!} + \frac{\alpha^l}{l!} \right) \cdot \frac{1-a}{a}} = \frac{P(j, \alpha)}{R(l, \alpha) + P(l, \alpha) \cdot \frac{1-a}{a}}, \\
(j &= 0, 1, \dots, l-1), \\
(m &= 0, 1, \dots, n-1),
\end{aligned} \tag{13}$$

$$p_l = \frac{\alpha^l / (a \cdot l!)}{\left(\sum_{m=0}^n \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 + \sum_{j=0}^{l-1} \frac{\alpha^j}{j!} + \frac{\alpha^l}{l!} \right) \cdot \frac{1-a}{a}} = \frac{\frac{1}{a} P(l, \alpha)}{R(l, \alpha) + P(l, \alpha) \cdot \frac{1-a}{a}}.$$

На основании графа состояний, изображенного на рисунке 12, и при установившейся работе на МГСП U обслуживания состава S с вагонами J произведено преобразование уравнений Колмогорова, исходя из которых получены вероятности $p_0, p_1, \dots, p_m, \dots$ переходов между вагонами в ходе обслуживания $s_0, s_1, \dots, s_m, \dots$ ($p_m = P \{S = s_m\}$, $m = 0, 1, 2, \dots$), пребывающих в состояниях обслуживания каж-

дого соответствующего вагона. В дальнейшем, полученные вероятности станут основой для проведения расчетов оценки уровня риска от событий, связанных с простоем в ожидании обслуживания вагонов, или оценки риска пропуска вагона, исходя из затрачиваемого на обслуживание времени.

Для установления связи параметров технического состояния вагонов с параметрами обслуживания вагонов на пункте вновь используем метод псевдосостояний, но в качестве системы с псевдосостояниями U выступает МГСП, а в качестве размеченного графа состояний подсистема или грузовой состав S . Формализовано-логическое решение задачи состоит в определении вероятностей переходов между состояниями МГСП в случае поступления грузового состава с вагонами различного технического состояния, следовательно, с формируемыми в соответствии с затрачиваемым временем различными интенсивностями обслуживания вагонов.

Представим процесс обслуживания на МГСП как многоканальную СМО в которой возможны два вида обслуживания без ограничения и с ограничением по очереди, т. к. на предельное количество железнодорожных путей обслуживания прибывает простейший поток грузовых вагонов в составе с интенсивностью λ . Для формирования графа состояний рассматриваемого пункта, при ограниченной очереди в ожидании обслуживания вагонами, установим количество путей $m = 9$ и количеством каналов обслуживания (бригад ОРВ); примем $n = 2$.

Предположим, что состав как система S с вагонами преобразован в единый объект и представляет заявку, поступающую под обслуживание в систему U_m , тогда режим обслуживания в такой системе с псевдосостояниями является стационарным. Зная вероятности состояний системы S и параметры ее обслуживания, составим систему алгебраических уравнений для предельных вероятностей подмножества системы МГСП U_m в стационарном режиме:

$$\begin{aligned}
\lambda_0 p_m &= \lambda_1 p_m^{(1)}, \\
\lambda_1 p_m^{(1)} &= \lambda_2 p_m^{(2)}, \\
&\dots\dots\dots \\
\lambda_{t-1} p_m^{t-1} &= \lambda_t p_m^{(t)}, \\
&\dots\dots\dots \\
\lambda_{k-1} p_m^{k-1} &= \lambda_k p_m^{(k)},
\end{aligned} \tag{14}$$

где $p_m^{(t)} = P\{S = s_m^{(t)}\}, (i = 1, 2, \dots, k; m = 0, 1, 2, \dots)$.

В результате решения этой системы получены вероятности переходных процессов между состояниями:

$$\begin{aligned}
p_m^{(1)} &= \frac{\lambda_1}{\lambda_0} p_m, p_m^{(2)} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} p_m^{(1)} = \frac{\lambda_0}{\lambda_2} p_m, \dots \\
\dots p_m^{(t)} &= \frac{\lambda_0}{\lambda_t} p_m, \dots, p_m^{(k)} = \frac{\lambda_0}{\lambda_k} p_m, (m = 0, 1, 2, \dots).
\end{aligned} \tag{15}$$

Введем в качестве оценки вероятности перехода между состояниями в систему МГСП следующее обозначение:

$$r_m = p_m + \sum_{i=1}^k p_m^{(i)} = p_m + \sum_{i=1}^k \frac{\lambda_0}{\lambda_i} p_m = \sum_{i=0}^k \frac{\lambda_0}{\lambda_i}, \tag{16}$$

где коэффициент a является большим единицы и вычисляется следующим путем:

$$a = \sum_{i=0}^k \frac{\lambda_0}{\lambda_i} > 1. \tag{17}$$

Следуя из вышеуказанного, получим вероятность пребывания состояния в U_m :

$$r_m = p_m a, (m = 0, 1, 2, \dots). \tag{18}$$

Рассчитаем предельные вероятности для системы МГСП, при p_m ($m=0, 1, 2, \dots$), из составленной ниже СЛАУ, составленных для состояний $s_1, s_1^k, s_2, s_2^k, \dots, s_m, s_m^k, \dots$.

Найдем предельные вероятности $p_m, (m = 0, 1, 2, \dots)$ из следующей системы алгебраических уравнений, составленных для состояний $s_1, s_1^k, s_2, s_2^k, \dots, s_m, s_m^k, \dots$:

$$\begin{aligned}
\lambda_0 p_0 &= \mu p_1, \\
(\lambda_0 + \mu) p_1 &= \lambda_k p_0^{(k)} + 2\mu p_2, \\
\text{.....} & \\
(\lambda_0 + m\mu) p_m &= \lambda_k p_{m-1}^{(k)} + (m+1)\mu p_{m+1}, (m = 2, 3, \dots). \\
\text{.....} & \\
\lambda_{k-1} p_m^{k-1} &= \lambda_k p_m^{(k)}.
\end{aligned} \tag{19}$$

Воспользуемся равенством $p_m^k = \frac{\lambda_0}{\lambda_k} p_m$, ($m = 0, 1, 2, \dots$). Тогда уравнения примут

ВИД:

$$\begin{aligned}
\lambda_0 p_0 &= \mu p_1, \\
(\lambda_0 + m\mu) p_m &= \lambda_0 p_{m-1} + (m+1)\mu p_{m+1}, \\
(m = 1, 2, \dots). & \\
\text{.....} &
\end{aligned} \tag{20}$$

Обозначим:

$$\frac{\lambda_0}{\mu} = \alpha; \tag{21}$$

тогда

$$p_m = \frac{\alpha^m}{m!} p_0, (m = 0, 1, 2, \dots). \tag{22}$$

Для определения вероятности p_0 нельзя воспользоваться условием

$\sum_{b=0}^{\infty} p_m = 1$, так как указанная сумма меньше единицы. Действительно, единицей

должна быть сумма всех вероятностей пребывания в псевдосостояниях

$U_0, U_1, \dots, U_m, \dots$:

$$\sum_{b=0}^{\infty} r_m = 1. \tag{23}$$

Воспользуемся формулами (17) и (22):

$$\sum_{b=0}^{\infty} r_m = \sum_{m=0}^{\infty} p_m a = a \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\alpha^m}{m!} p_0 = a e^{\alpha} p_0 = 1, \tag{24}$$

Откуда

$$p_0 = \frac{e^{-\alpha}}{a}, p_m = \frac{\alpha^m}{am!} e^{-\alpha}. \quad (25)$$

Следовательно, (см. 24 формул),

$$r_m = p_m a = \frac{\alpha^m}{m!} e^{-\alpha} = P(m, \alpha), (m = 0, 1, 2, \dots), \quad (26)$$

где $P(m, \alpha) = \frac{\alpha^m e^{-\alpha}}{m!}$ – распределение Пуассона.

Таким образом, получили результат: вероятности того, что система S будет в стационарном режиме находиться в псевдосостояниях $U_0, U_1, \dots, U_m, \dots$, распределены по закону Пуассона. Этот вывод не зависит от того, каким образом распределены интервалы между событиями в потоке Пальма, поступающими на МГСП, т. е. не зависит от $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_k$, так как с помощью обобщенных законов Эрланга можно с точностью аппроксимировать практически любую плотность распределения неотрицательной случайной величины. Графически процесс обслуживания вагонов в составе на МГСП представлен на рисунке 17. В случае, если на МГСП может быть под, ТО не больше n -МГСП уравнения примут вид:

$$\begin{aligned} \lambda_0 p_0 &= \mu p_1, \\ (\lambda_0 + m\mu) p_m &= \lambda_0 p_{m-1} + (m+1)\mu p_{m+1}, \\ (m &= 1, 2, \dots). \\ &\dots\dots\dots \\ n\mu p_n &= \lambda_0 p_{n-1}. \end{aligned} \quad (27)$$

Решая эту систему уравнений, получим:

$$\begin{aligned} r_m &= \frac{\alpha^m}{m!} p_0, (m = 1, 2, 3, \dots, n), \\ r_n &= p_n = \frac{\alpha^n}{n!} p_0. \end{aligned} \quad (28)$$

Следовательно,

$$\sum_{m=0}^{n-1} r_m + r_n = a p_0 \sum_{m=0}^{n-1} \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 = 1, \quad (29)$$

Откуда

$$p_0 = \frac{1/a}{\sum_{m=0}^n \frac{a^m}{m!} + \frac{a^n}{n!} \cdot \frac{1-a}{a}}, \quad (30)$$

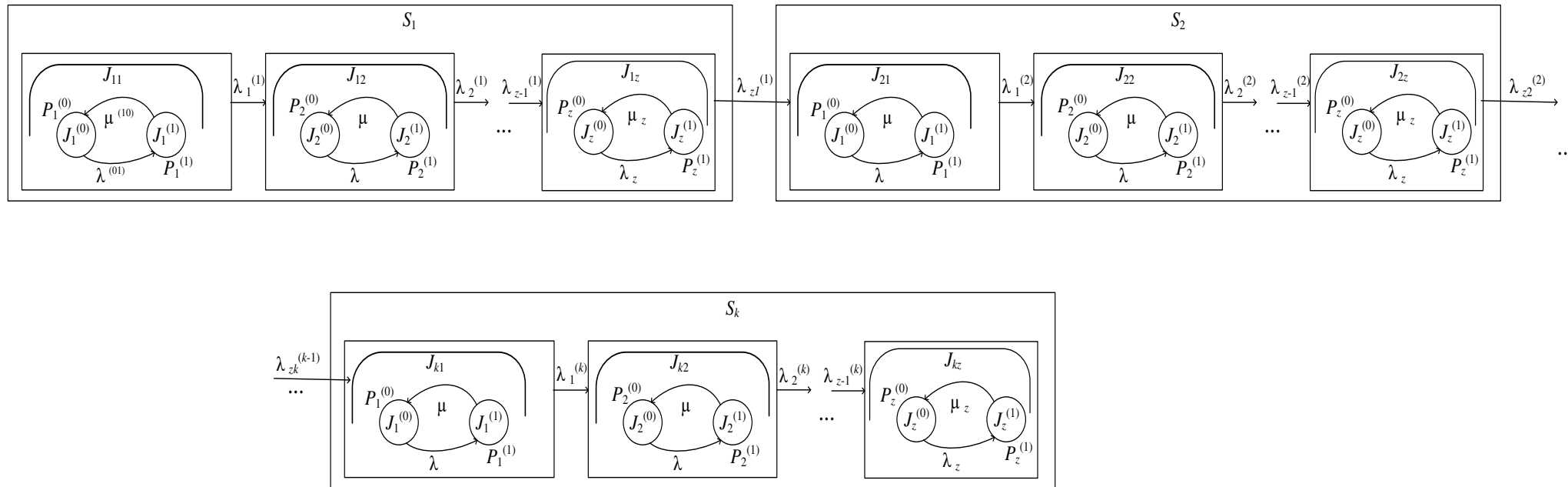


Рисунок 17 – Графическая интерпретация влияния технических параметров вагона на работу МГСП:

S_1 – состояние состава с простаивающей бригадой, с обслуживанием одного состава; S_2 – два состава обслуживается, бригады заняты, системы без очереди; S_k – бригады производят обслуживание двух составов, соответственно очередь равна $m - 2$ состава; $J_1(1)$ – обслуживание группой первой бригады головного вагона, в результате обнаружена неисправность, производится восстановление в объеме БР; $J_1(0)$ – производится обслуживание первого вагона, без выявления неисправности, производится переход к следующему вагону; $J_z(1)$ – производится обслуживание z -вагона, с выявлением неисправности, восстанавливаемой в объеме БР

$$r_m = \frac{a^m / m!}{\sum_{m=0}^n \frac{a^m}{m!} + \frac{a^n}{n!} \cdot \frac{1-a}{a}} = \frac{P(m, \alpha)}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha) \cdot \frac{1-a}{a}}$$

$$(m = 1, 2, \dots, n-1), \tag{31}$$

$$r_n = \frac{a^n / an!}{\sum_{m=0}^n \frac{a^m}{m!} + \frac{a^n}{n!} \cdot \frac{1-a}{a}} = \frac{\frac{1}{a} P(m, \alpha)}{R(n, \alpha) + P(n, \alpha) \cdot \frac{1-a}{a}}.$$

Для системы U с псевдосостояниями составляются аналогичным образом система алгебраических уравнений с постановкой сформированных в результате математического преобразования состава параметрами.

На рисунке 17 видно, что связующим параметром обслуживания вагонов с различными техническими состояниями на межгосударственном пункте является интенсивность обслуживания вагонов, формируемая исходя из времени, фактически затрачиваемого в результате проведения организационно-технических работ.

Получив формулы вероятностей пребывания вагона в конкретном техническом состоянии, в ходе проведения осмотра и безотцепочного ремонта появилась возможность определения времени на обслуживание всего состава при заданном и конечном числе вагонов. В результате использования методов псевдосостояний решена задача получения вероятностной оценки статуса обслуживания вагона в составе при организационной деятельности МГСП.

Выводы по главе 2

1. Для оценки вероятности событий существует множество методов, но для оценки вероятностей технического обслуживания вагонов используется метод массового обслуживания.
2. На основе изучения структуры деятельности функционирования межгосударственного стыкового пункта, основной задачей которого является проведение технического обслуживания с целью выявления неисправных грузовых вагонов, прибывших из сопредельных государств. Определена связь технических

параметров состояния обслуживаемых грузовых вагонов с влиянием на функционирование межгосударственного стыкового пункта. Эта связь обусловлена интенсивностями подачи составов под техническое обслуживание, а составы, в свою очередь, состоят из разнородных грузовых вагонов с различными техническими состояниями.

3. Процесс формирования математической модели направлен на выявления особенностей организации процесса осмотра, безотцепочного ремонта и обслуживания технической конструкции вагонов на МГСП с построением графов состояний и переходов между ними.

4. Разработана математическая модель оценки вероятностей технического состояния обслуживаемых грузовых вагонов. Результаты теоретического исследования будут использованы в соответствующей главе диссертационной работы, в которой исследуется эффективность применения математической модели, направленная на прогнозирование рисков нарушения функционирования.

ГЛАВА 3. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НА МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СТЫКОВОМ ПУНКТЕ

Имитационная модель организации технического обслуживания вагонов оценивает и прогнозирует поведение межгосударственного стыкового пункта как сложной системы, в которой взаимодействующими элементами выступают обслуживающие бригады, технические параметры пунктов обслуживания и состояния поступающих под обслуживание вагонов. Разработка имитационной модели должна соответствовать следующим требованиям:

- вагон как объект моделирования технического обслуживания грузовых вагонов – сложная неоднородная система МГСП;
- в моделируемой системе присутствуют факторы случайного поведения, то есть поступление грузовых вагонов в различных технических состояниях;
- произведено описание организации обслуживания вагонов в интервале времени;
- полученные результаты моделирования технического обслуживания грузовых вагонов производились с использованием компьютера.

Произведена верификация модели организации обслуживания вагонов на пункте с получением вероятностных переходов между состояниями системы, с помощью которых рассчитаны риски нарушения функционирования межгосударственного стыкового пункта. По результатам экспериментальных исследований зарегистрированы авторские свидетельства программ ЭВМ.

3.1. Обоснование показателей работы межгосударственного стыкового пункта

Пропускная способность как составляющая показателей работы пункта зависит от ряда факторов, главнейшим из которых является состояние производимого обслуживания вагонов. Определяющими показателями работы пункта являются показатель пропускной способности абсолютной и относительной вероятно-

сти отказа в обслуживании грузового состава, вероятностей перехода системы МГСП между состояниями, продолжительностях и числе простаивающих в ожидании обслуживания составов с вагонами. Соответственно, для формирования количественных показателей работы межгосударственного пункта следует применить математический анализ и расчет параметрических данных по обслуживанию вагонов как объектов и составов в качестве подсистем МГСП.

Представим, что обслуживание поступающих на МГСП составов производится двумя бригадами, число путей в парках на пункте обслуживания ограничено, соответственно строится многоканальная система массового обслуживания с ограничением по длине очереди. Заданная интенсивность $\lambda_{\text{МГСП}}$ поступления заявок формируется исходя из временных интервалов подачи составов под обслуживание, распределенного по показательному закону. Интенсивность обслуживания $\mu_{\text{МГСП}}$ формируется исходя из ранее полученных (вторая глава) зависимостей параметров технического состояния вагонов и времени, затрачиваемого на обслуживание конкретного вагона.

Для установления численной зависимости эффективности работы пункта обратимся к расчету коэффициента загрузки системы. Моделируемое время, в интервале которого производится оценка функционирования межгосударственного стыка продолжается течение одних суток или двух смен, тогда интервал времени на весь процесс моделирования обработки составов на пункте определяется как:

$$T_{\text{кон}} = \sum_{i=1}^N \tau_i = \frac{N}{\lambda}, \quad (32)$$

где N – значение общего объема грузовых составов;

λ – значение интенсивности.

Согласно экспоненциальному закону распределения величины интервала между поступлениями заявок на пункт, оценка этого параметра производится как:

$$\int_0^{\tau} \lambda e^{-\lambda \tau} d\tau = a_i. \quad (33)$$

При условии, что случайная величина a_i , распределена по равномерному закону так же, как $1 - a_i$, следовательно

$$\tau_i = \frac{1}{\lambda} \ln a_i. \quad (34)$$

Графическая интерпретация проведения обслуживания объектов и подсистем на МГСП представлена на рисунке 18.

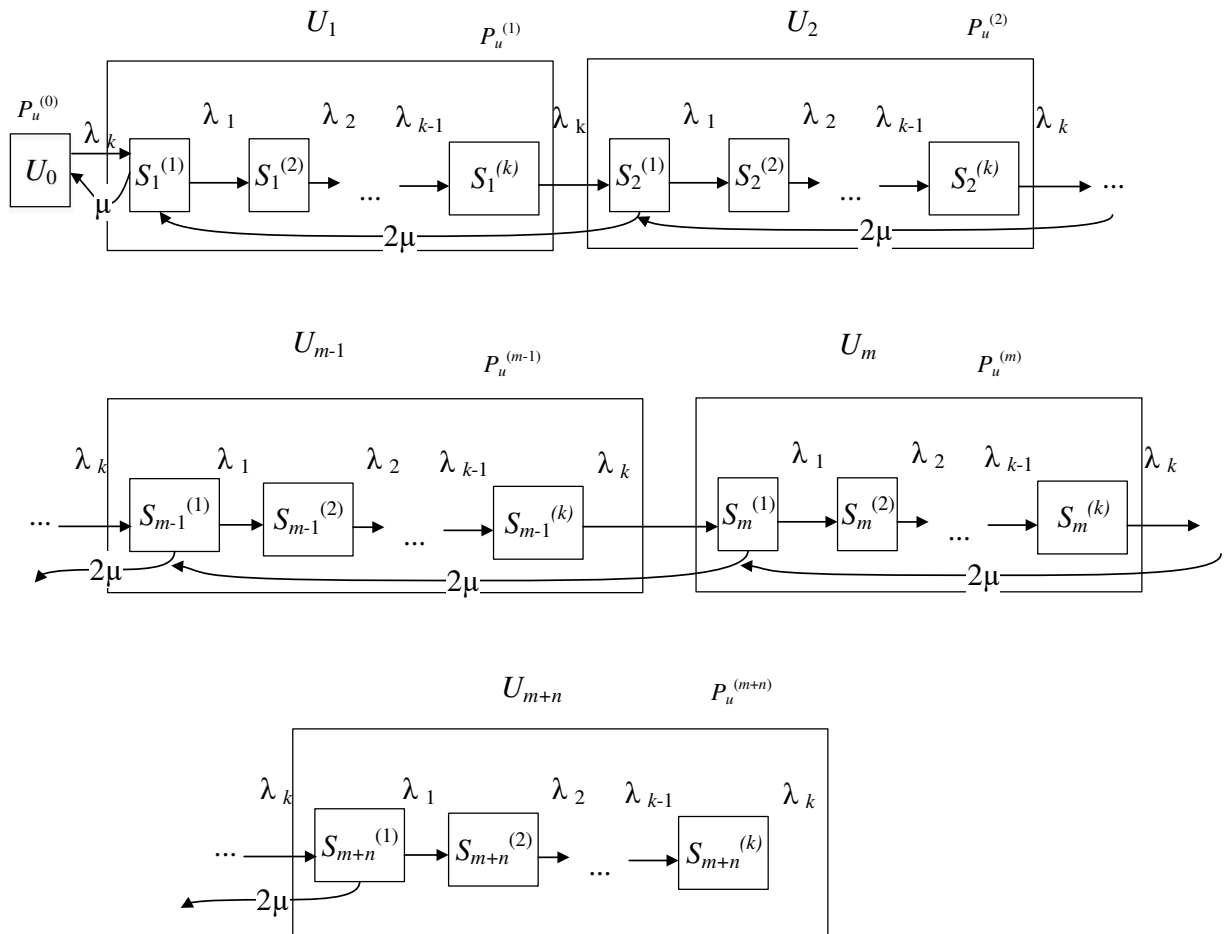


Рисунок 18 – Графическое отражение работы межгосударственного стыкового пункта: U_0 – в системе отсутствуют составы с вагонами; U_1 – производится обслуживание состава одной бригадой, другая простаивает; U_2 – полная загруженность бригад при отсутствующей очереди; S_{m+n} – $m+n$ конечное число составов, подлежащих обслуживанию

Для системы U , изображенной на рисунке 18, с влияющими на переходные процессы элементами, которыми являются состояния, обслуженных составов с вагонами образуется стационарный режим функционирования. Исходя из этого,

составляем систему уравнений, описывающих переходные процессы обслуживания на пункте. Обслуживание производится двумя каналами с ограниченным числом путей. Для такой задачи выбирается многоканальная система с ограничением по очереди, для оценки вероятностей и соответствующих параметрам работы системы характеристикам.

В результате построения систем алгебраических уравнений Колмогорова, при установленных параметрах, зависящих от технического состояния вагонов, выражаются вероятности переходов между состояниями работы пункта $p_0, p_1, \dots, p_m, \dots$ для соответствующих состояний системы $U, s_0, s_1, \dots, s_m, \dots$ ($p_m = P\{S = s_m\}$, $m = 0, 1, 2, \dots$). Для удобства расчетов, отношение режима загруженности к числу обслуживающих каналов заменим на греческую букву каппа: $\kappa = \rho/n = \lambda/(n\mu)$.

Следовательно, вероятность простоя системы МГСП в ожидании поступления составов с вагонов определяется по следующей формуле:

$$p_0 = \left(1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^{n+1}}{n \cdot n!} \frac{1 - \kappa^m}{1 - \kappa} + \dots \right)^{-1}. \quad (35)$$

Вероятности состояний функционирования системы МГСП в промежуточные периоды, определяется как:

$$p_k = \kappa^k p_0, (1 \leq k \leq n). \quad (36)$$

По достижении предельного и конечного состояния системы, когда ресурсы парка не вмещают составы для возможности их ожидания в очереди под ТО, вероятность для такого состояния определяется следующим образом:

$$p_{n+m} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m \cdot n!} p_0, (1 \leq m \leq m). \quad (37)$$

На основании полученных вероятностей состояний переходов системы МГСП в процессе технического обслуживания появляется возможность в определении формул, оценивающих характеристики эффективности функционирования системы и в конечном итоге формирование показателей работы МГСП.

Оценка относительной пропускной способности межгосударственного стыкового пункта определяется:

$$Q = 1 - p_{n+m}. \quad (38)$$

В случае необходимости формирования итоговой отчетности требуются точные результаты расчета, для чего рассчитывается абсолютная пропускная способность межгосударственного стыкового пункта:

$$A = \lambda(1 - p_{n+m}). \quad (39)$$

За редким исключением обслуживающий пункт вагоны, пребывающие в экспортном и импортном сообщении, в случае перегруженности станции отказывает в приеме, в этой исключительной ситуации рассчитывается вероятность отказа грузового поезда в техническом обслуживании:

$$P_{\text{отк}} = p_{n+m}. \quad (40)$$

Рассчитать усредненное значение количество грузовых составов, находящихся под техническим обслуживанием можно исходя из следующей формулы:

$$k = \rho(1 - p_{n+m}). \quad (41)$$

В соответствии с загруженностью по времени составов рассчитывается и загруженность обслуживающих, в численном соотношении занятых бригад ОРВ в проведении технического обслуживания вагонов:

$$K_z = A \cdot t_{\text{обсл}}. \quad (42)$$

Среднее число составов на межгосударственном стыковом пункте:

$$\bar{r} = \frac{p^{n+1} p_0}{n \cdot n!} \frac{1 - (m+1)\kappa^m + m\kappa^{m+1}}{(1 - \kappa)^2}. \quad (43)$$

Количество составов с вагонами, занятых под техническое обслуживание, определяется как:

$$\bar{z} = \bar{r} + \bar{k}. \quad (44)$$

Исходя из полученных значений ожидания в очереди грузового состава под техническое обслуживание и занятого под ним, возможно рассчитать время соответствующих величин:

$$\bar{t}_{\text{оч}} = r / \lambda; \quad \bar{t}_{\text{сист}} = \bar{z} / \lambda. \quad (45)$$

Таким образом, сформированные показатели деятельности МГСП в результате проведения технического обслуживания вагонов различных технических состояний, позволяют оценить эффективность работы.

3.2. Разработка имитационной модели организации обслуживания вагонов на межгосударственном стыковом пункте

Для оценки функционирования МГСП проведено экспериментальное исследование процесса технического обслуживания вагонов с имитацией поведения МГСП в условиях выявления технически неисправного вагона по методу Монте-Карло. Имитационная модель включает 25 операций. Процесс моделирования делится на два цикла:

- техническое обслуживание без ожидания очереди;
- техническое обслуживание с ожиданием очереди.

Алгоритм расчета показателей функционирования МГСП по методу Монте-Карло включает 25 операций. Представим ниже обозначения, используемые в алгоритме:

$N(t_c)$ – среднее количество составов, поступающих за время смены ($t_c=12$ ч);

T_k – время поступления в систему k -го состава;

k – порядковый номер состава с ГВ ($k = 1,2,3 \dots N$);

n – количество бригад ОРВ ТО ($n \geq 1$);

t_c – время окончания ТО ($k = 1$) состава с бригадой ОРВ i ;

i – номер производящей ТО бригады ОРВ ($i = 1,2,3 \dots n$);

$T_{\text{кон}}$ – время окончания моделирования;

τ_k – интервал поступления ($k + 1$) состава с ГВ;

$t_{\text{ож}}$ – время ожидания ТО k -го состава с ГВ;

T_{k1} – момент начала ТО состава ГВ с ожиданием;

t_0 – заданное время ТО, примем усредненным значением, несмотря на то, что для парка прибытия – 0,5 ч, для парка отправления – 0,75 ч, транзитный без переработки – 0,58 ч.

Техническое обслуживание в рассматриваемом процессе является с ограничением по очереди составов с вагонами, ожидающими обслуживания, например, количество составов, ожидающих ТО не более числа выполняющих бригад ОРВ.

Для проведения расчета использованы следующие исходные данные: t_0 ; $N(t_c)$. Исходя из чего определен параметр работы МГСП – интенсивность поступления состава под обслуживание:

$$\lambda = \frac{N(t_c)}{t_c}, \quad (46)$$

Количество составов принято $N = 9 \div 22$, следовательно, время окончания моделирования определено:

$$T_{\text{кон}} = \frac{N}{\lambda}. \quad (47)$$

Принят параметр потока ТО составов с ГВ $\mu \geq \lambda$. Определено число бригад $N \geq \mu t_0$ – целое число. Для запуска расчета примем $k = 1$, $T_1 = 0$, $t_1 = t_2 = \dots = t_n = 0$ (бригады ОРВ свободны). Состав с ГВ направляется для ТО бригадой ОРВ № 1. Расчет выполняется по первому циклу, в счетчике пройденных ТО составов фиксируется $m = 1$, формируется τ_1 (рисунок 19) и далее $k = 2$, $T_2 = \tau_1$, $t_1 = 0 + t_0$.

В качестве результата расчета модели организации обслуживания разработан алгоритм расчета показателей ТО (рисунки 20, 21).

Процесс моделирования ориентирован на расчет нормативных показателей работы межгосударственного пункта в значениях, приближенных к плановым, с целью обнаружения оптимальных входных параметров на пункте. В случае невозможности или отсутствия должных параметрических показателей пункта, например, при заданных падает объем перевозимого в груза в составах в связи с отцепкой груженых вагонов, необходимо принимать регламентирующие меры, исследуя причину подобных событий и повышая запросы в вышестоящие службы для формирования межгосударственных документов, ужесточая тем самым контроль и содержание вагонов.

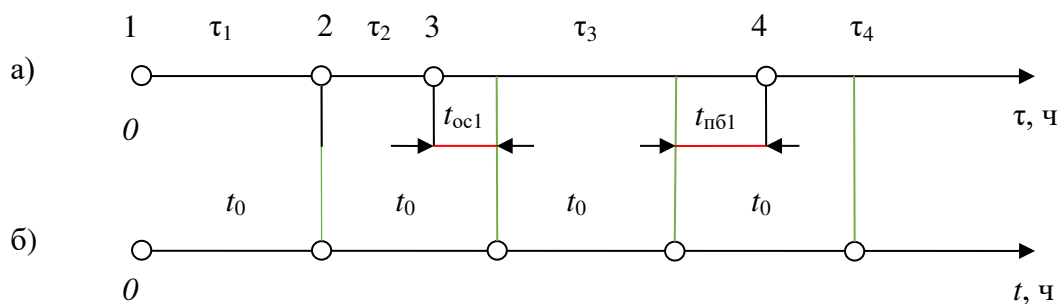


Рисунок 19 – Формирование временного интервала моделирования для процесса обслуживания вагонов на межгосударственном пункте:

- а) распределение интервалов времени поступления составов под обслуживание;
 б) распределение интервалов времени по обслуживанию вновь поступивших составов

На рисунке 19 представлены численные распределения времени прибытия под обслуживания составов с разницей, которая задана показательным законом распределения времени t_{oci} , $t_{пби}$.

В момент времени $T_2 = \tau_1$ первая бригада занята обслуживанием, состав попадает под обслуживание второй бригаде. По завершению каждого цикла происходит сравнение $T_k \leq T_{кон}$, при возникновении $T_k = T_{кон}$ процесс моделирования прекращается. Количество принятых составов, установлено $N = 9 \div 30$, следовательно, время окончания моделирования определено:

$$T_{кон} = \frac{N}{\lambda}. \quad (48)$$

На рисунках 22, 23 изображены интерфейсы программных продуктов, производящие расчет и оценку состояний обслуживания грузовых вагонов с формированием статистической и прегрозной базой данных о характеристиках функционирования МГСП и соответствующих состоянию установленных входных параметров модели.

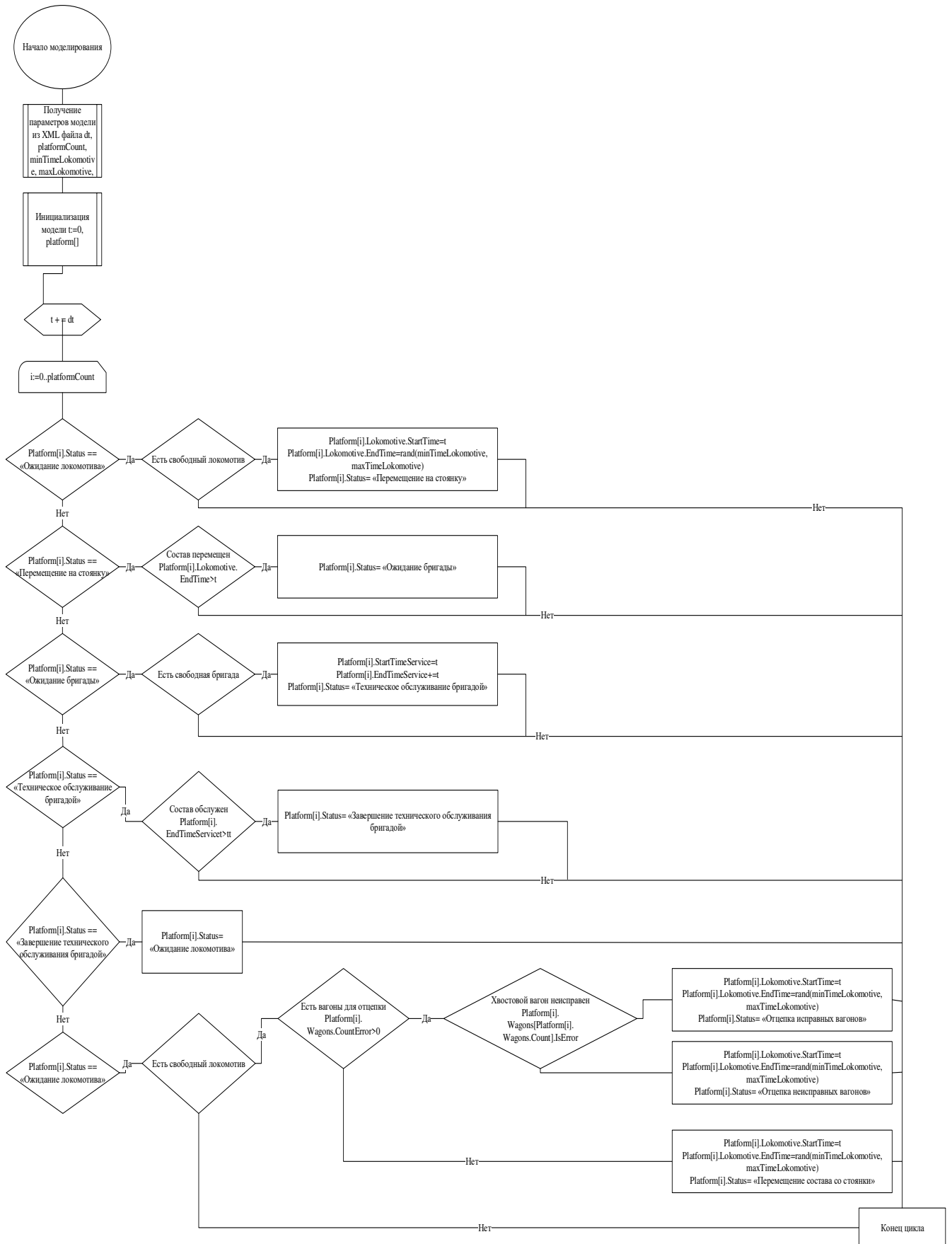


Рисунок 20 – Алгоритм обслуживания вагонов на пункте

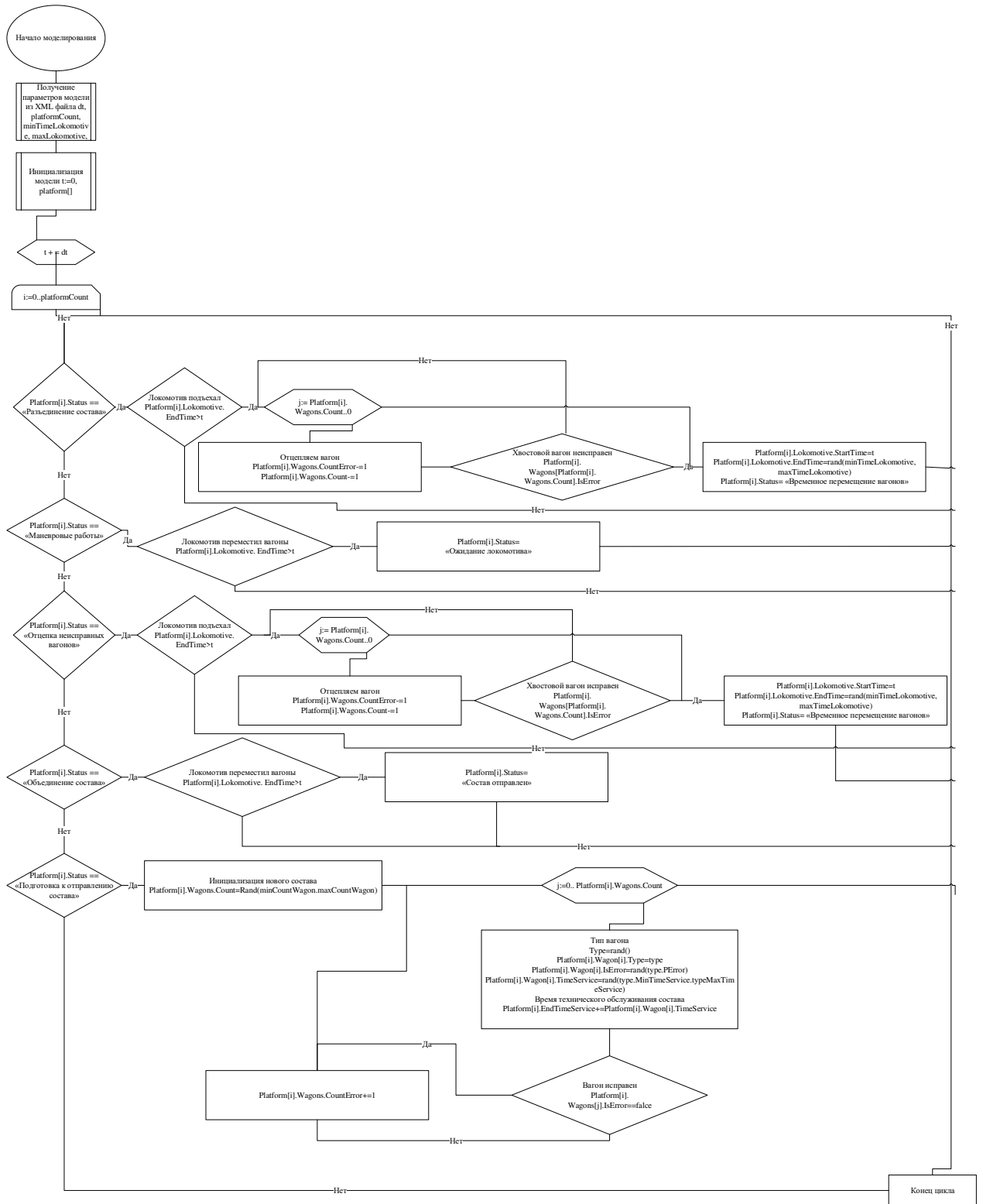


Рисунок 21 – Продолжение алгоритма обслуживания вагонов на пункте

Информация по загрузке МГСП

Информация по загрузке МГСП

	№	Текущее состояние МГСП	Текущий состав	Всего обслужено составов
	1	Close	Состав 2	27
	2	Close	Состав 2	17
	3	Close	Состав 1	21
	4	Open		18
▶▶				

Режим отображения

- Информация по составам
- Характеристики функционирования МГСП
- Вероятность состояний МГСП
- Матрица рисков

Статистика

Итерация 64285
 Текущее время 01.08.10.34.10
 Шаг моделирования 0:00:10
 Количество составов в очереди 0
 Количество занятых путей 3
 Текущая интенсивность 0.50
 Относительная пропускная способность Q=1.000
 Абсолютная пропускная способность A=0.500
 Вероятность отказа

10000 ▶ ■ Открыть настройки

Сохранить в Excel

Информация по составам

	№	№ и направление состава	Путь	Текущее состояние	Кол. вагонов в составе	Бригада ОВР	Кол. неисправ. вагонов	Кол. отцепляемых вагонов	Время прибытия	Обслуживание состава	Время отправления
▶	2	Состав 2	-	Состав отправлен	42	ОВР1;ОВР2;О...	7	3	00:00:50	00:03:18	04:50:40
	3	Состав 1	-	Состав отправлен	91	ОВР1;ОВР2;О...	5	13	04:01:00	00:03:59	16:41:40
	4	Состав 2	-	Состав отправлен	43	ОВР1;ОВР2;О...	1	4	05:44:00	00:02:31	12:55:10
	5	Состав 1	-	Состав отправлен	34	ОВР1;ОВР2;О...	2	4	07:14:10	00:02:28	12:17:10
	6	Состав 2	-	Состав отправлен	20	ОВР1;ОВР2;О...	2	0	08:44:20	00:02:13	08:48:10
	7	Состав 1	-	Состав отправлен	42	ОВР1;ОВР2;О...	7	5	10:04:30	00:03:19	16:41:10
	8	Состав 2	-	Состав отправлен	16	ОВР1;ОВР2	2	1	12:19:10	00:02:09	14:51:10
	9	Состав 1	-	Состав отправлен	65	ОВР3;ОВР1;О...	7	4	16:04:50	00:03:46	23:19:30
	10	Состав 2	-	Состав отправлен	55	ОВР3;ОВР1;О...	6	9	17:47:50	00:03:25	1 08:21:40
	11	Состав 1	-	Состав отправлен	29	ОВР3;ОВР1;О...	6	3	19:18:00	00:02:58	23:51:10
	12	Состав 2	-	Состав отправлен	97	ОВР3;ОВР1;О...	9	15	20:48:10	00:04:38	1 15:58:50
	13	Состав 1	-	Состав отправлен	84	ОВР3;ОВР1;О...	9	11	23:21:30	00:04:24	1 15:51:40
	14	Состав 2	-	Состав отправлен	22	ОВР3;ОВР1;О...	4	1	1 00:55:20	00:02:31	1 03:12:20
	15	Состав 1	-	Состав отправлен	48	ОВР3;ОВР1;О...	4	5	1 04:55:30	00:03:01	1 09:51:20
	16	Состав 2	-	Состав отправлен	34	ОВР3;ОВР1;О...	1	5	1 08:23:40	00:02:21	1 16:40:40
	17	Состав 1	-	Состав отправлен	30	ОВР3;ОВР1;О...	4	2	1 09:53:20	00:02:42	1 13:40:40
	18	Состав 2	-	Состав отправлен	75	ОВР3;ОВР1;О...	6	6	1 13:42:40	00:03:50	1 23:50:10
	19	Состав 1	-	Состав отправлен	84	ОВР3;ОВР1;О...	4	7	1 15:53:40	00:03:42	2 03:09:10

Рисунок 22 – Интерфейс программы имитационного моделирования процесса ТО грузовых вагонов на МГСП

Информация по загрузке МГСП

	№	Текущее состояние МГСП	Текущий состав	Всего обслужено составов
	1	Close	Состав 2	32
	2	Close	Состав 1	22
	3	Open		26
	4	Close	Состав 2	22
»*				

Режим отображения

- Информация по составам
- Характеристики функционирования МГСП
- Вероятность состояний МГСП
- Матрица рисков

Статистика

Итерация 82152
 Текущее время 01.10.12 12:12:00
 Шаг моделирования 0:00:10
 Количество составов в очереди 4
 Количество занятых путей 4
 Текущая интенсивность 0.25
 Относительная пропускная способность Q=1.000
 Абсолютная пропускная способность A=0.250
 Вероятность отказа

10000

Характеристики функционирования МГСП

№	Дата	λ , сост/час	Вероятность отказа грузового состава в обслуживании, P _{отк}	Относительная пропускная способность МГСП, Q	Абсолютная пропускная способность МГСП, A	Среднее число занятых бригад ОПВ, K _з	Среднее число грузовых составов в очереди, R ₀	Среднее число грузовых составов под ТО, Z _{sys}	Среднее время грузовых составов под ТО, T _{sys}	Среднее время ожидания грузовых составов в очереди под ТО, T ₀
	9 12:12:00	0.25		1.00	0.25	0.02	0.00	1.00	0.00	
	9 12:12:00	0.17		1.00	0.17	0.01	0.00	1.00	0.00	
	9 12:12:00	0.50		1.00	0.50	0.04	0.00	1.00	0.00	
	9 12:06:30	0.58		1.00	0.58	0.05	0.00	1.00	0.00	
	9 12:06:30	0.75		1.00	0.75	0.06	0.00	1.00	0.00	
	9 12:06:30	0.67		1.00	0.67	0.06	0.00	1.00	0.00	
	9 12:06:30	0.75		1.00	0.75	0.06	0.00	1.00	0.00	
	9 12:06:30	0.67		1.00	0.67	0.06	0.00	1.00	0.00	
	9 12:06:30	0.58		1.00	0.58	0.05	0.00	1.00	0.00	
	9 12:06:30	0.50		1.00	0.50	0.04	0.00	1.00	0.00	
	9 12:06:30	0.42		1.00	0.42	0.03	0.00	1.00	0.00	
	9 12:06:30	0.33		1.00	0.33	0.03	0.00	1.00	0.00	
	9 04:08:00	0.25		1.00	0.25	0.02	0.00	1.00	0.00	
	9 04:08:00	0.33		1.00	0.33	0.03	0.00	1.00	0.00	
	9 04:08:00	0.42		1.00	0.42	0.03	0.00	1.00	0.00	
	9 04:08:00	0.50		1.00	0.50	0.04	0.00	1.00	0.00	

Рисунок 23 – Интерфейс программы имитационного моделирования процесса ТО грузовых вагонов на МГСП (характеристика функционирования МГСП)

Моделирование производится с помощью, разработанных в программном коде автоматизированных систем организации технического обслуживания грузовых вагонов, на которые имеются свидетельства о регистрации программ ЭВМ (приложение Г).

3.3. Моделирование сценариев обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте

На основании полученных расчетных формул оценки нормативных характеристик деятельности, произведем расчеты с установлением оптимальных параметров для достижения плановых показателей работы МГСП.

Представим межгосударственный стыковой пункт в виде системы с двумя каналами обслуживания, в которой формируется очередь в ожидании обслуживания и предельным количеством принимающих путей, на которых происходит ожидание составов. Поток поступающих на пункт составов с вагонами является простейшим с показательным законом распределения случайной величины, следовательно, интенсивность такого потока определяется по формуле (2 - 6). Время обслуживания одной вагона определяется согласно данным, указанным в таблице и исходя из установленного в результате проверки технического состояния вагона, закон распределения времени – показательный, вычисляется исходя из математических преобразований с установленной связью между состоянием вагона и деятельностью пункта по формуле (7). Вероятности для предельных состояний формируются при условии, функционирования пункта в пределах нормы, т.е. отношение интенсивности поступления заявок к интенсивности обслуживания, являющийся коэффициент загрузки пункта менее единицы: $\rho/n = k < 1$, где $\rho = \lambda/\mu$. Номера переходов системы в состояния соответствуют числу поступивших под обслуживание составов.

Решением является применение разработанного математического аппарата расчета вероятностей и показателей деятельности МГСП. Установим время обслуживания для состава с вагонами соответствующее – 0,67 ч, число бригад, производящих обслуживание на одном составе принимаем равным 2, число групп

в бригаде не учитываем. Вместимость пункта соответствует девяти специализированным для проведения обслуживания вагонов. В течение заданного интервала времени, длительность которого соответствует продолжительности смены – 12 ч., установим количество поступающих заявок под обслуживание равно 11 составам. Перечень используемых параметров, представлен в таблице 6.

Установленные начальные параметры обслуживания представлены в таблице 6.

Параметр	Коэффициент
Интенсивность поступления составов под обслуживание	$\lambda_{\text{МГСП}}$
Число бригад, занятых обслуживанием	n
Число путей, занимаемых, поступающими заявками	m
Интенсивность обслуживания	$\mu_{\text{МГСП}}$
Время, затрачиваемое на обслуживание вагона	$T_{\text{обсл}}$
Время, затрачиваемое на физический переход между вагонами	$T_{\text{пер}}$
Вероятность отказа вагона	$P_{\text{отк}}$
Вероятность неисправности вагона	$P_{\text{неиспр}}$
Число поступающих заявок в течение смены	$N_{\text{сост}}$

В процессе проведения расчетов в имитационной модели с использованием формул (10, 13, 30, 31, 35-37), получены вероятности перехода между состояниями системы, результаты которых представлены в таблице Б2, приложение Б. На основании этих результатов построены графики, отражающие поведение переходных процессов пункта при заданных параметрах, изображенные на рисунке 24.

Для оценки показателей работы пункта использовались формулы (38–45), результаты расчета представлены в таблице Б1, приложение Б. На основании полученных результатов построены характеристики функционирования МГСП и зависимости числа заявок в очереди от интенсивностей поведения обслуживания (рисунок 25, а). Зависимость среднего времени в ожидании очереди составами представлена на рисунке 25, б.

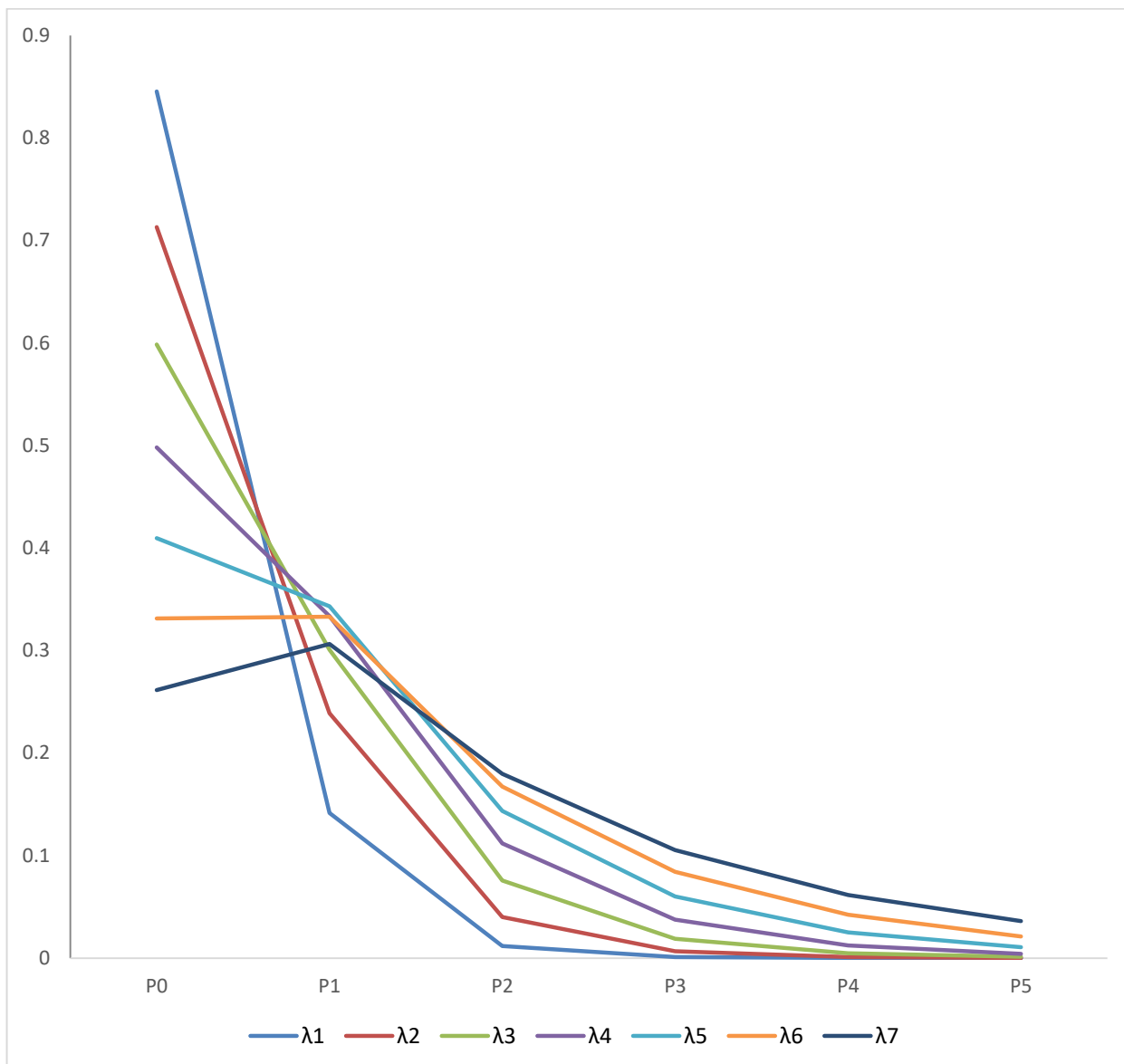


Рисунок 24 – График распределения вероятностей состояний ТО на МГСП

Результаты моделирования, изображенные на рисунке 25, позволяют оценить влияние параметров, приближенных к плановым значениям функционирования МГСП. Изображенные зависимости устанавливают точки предела, при которых можно определить при каких значениях параметров пункт справляется с заданными заявками, а при каких необходимы управленческие решения по увеличению значений параметров для стабилизации показателей работы пункта.

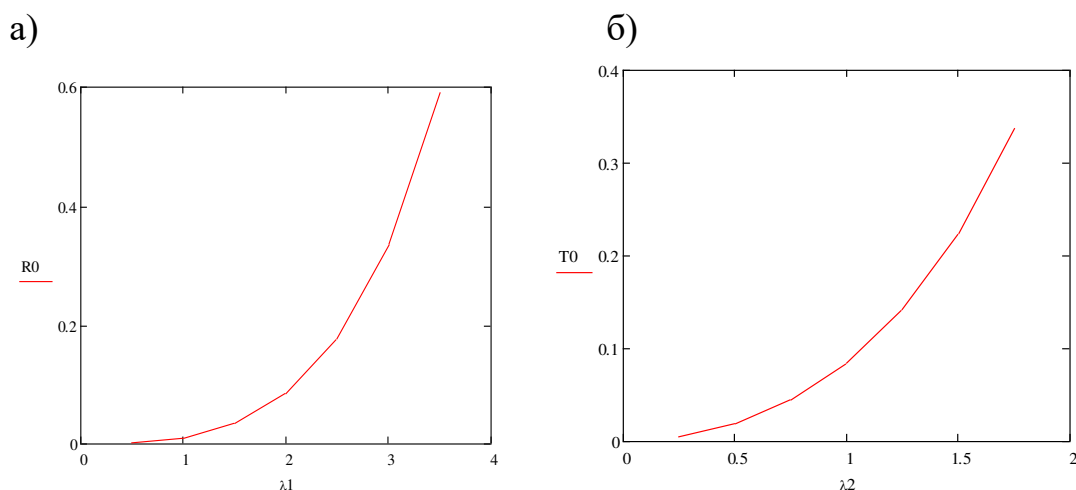


Рисунок 25 – График зависимостей характеристик обслуживания вагонов согласно заданным параметрам

Существует особая важность и необходимость в оценке ущерба от задаваемых параметров МГСП. Рассчитать ущерб или эффективность от конкретных параметров пункта возможно опираясь на полученные вероятности переходных процессов. На основании вышеуказанного можно считать, что появляется возможность рассчитать риск нарушения функционирования межгосударственного пункта, данные, полученные при моделировании, позволяют составить в сочетании с численными значениями ущербов, табличное представление соотношения рисков. Для определения оптимального предела, задаваемых параметров процесса обслуживания вагонов в рамках эффективного функционирования МГСП воспользуемся методом построения матриц рисков. В соответствии с работой [16] предложено использование матрицы «выигрышей», в которой заданные параметры ТО – это стратегии. Так как в данной задаче требуется найти значения убытков при реализованной ситуации, то наименование матрицы «выигрышей» преобразуется в матрицу рисков. На основании требуемых значений производится поиск оптимальной стратегии, при которой соотносятся значения стратегий, которыми являются заданные параметры работы пункта со значениями произведения вероятностей переходных состояний пункта на ущерб, затраты или потери в зависимости от вида установленного параметра. Стратегии размещают по строкам, варианты решений размещают по столбцам. Пересечение стратегии с решением поз-

воляет установить вычисляемый риск отражающий степень нежелательности совершения событий при заданных параметрах. Так, риск, исследуемый в данной диссертации, будет оценивается по критериям, обозначим степень нежелательности событий, определяемый при пересечении i -й стратегии и решений j -го решения D_{ij} , определяется как:

$$D_{ij} = C_{ij}^{\text{PTO}} - C_{ij}^{\text{СТО}}, \quad (49)$$

где C_{ij}^{PTO} – рыночная стоимость проведения работ с вагонами для клиентов ОАО «РЖД»;

$C_{ij}^{\text{СТО}}$ – себестоимость обслуживания грузовых вагонов в составе а пункте.

Пояснение перечисленных обозначений, C_{ij} – это цена, затраты или стоимость на проведение работ по обслуживанию вагона, пересекающего государственные границы, которая различна для j -й ситуации, определяемая как p_j – вероятность появления j -й ситуации, отклонение определяемой как D_{ij} – выигрыш, или ущерб, убытки для i -й стратегии, если произойдет j -я ситуация, K_i – итоговое значение отклонения, определяемое, для получения результат риска в зависимости от принятого значения критерия оптимальности.

Критерий, при котором устанавливаются средние значения отклонения от рыночной стоимости, определяется как оптимизация в среднем:

$$r_{\text{opt.ср}} = \max \bar{K}_{\text{ср}}; \bar{K}_{\text{ср}} = \left[\sum_{j=1}^n D_{ij} p_j \right], \quad (50)$$

где $\bar{K}_{\text{ср}}$ – средний выигрыш, ущерб, убытки.

Критерий, по которому определяются максимальные значения отклонений, рассчитываются на основе критерия Лапласа (вероятности всех событий полагаются одинаковыми):

$$r_{\text{optL.max}} = \max \bar{K}_{\text{ср}}; \bar{K}_{\text{ср}} = \left[\sum_{j=1}^n D_{ij} \right]. \quad (51)$$

Значения минимальных отклонений, определяются исходя из критерия минимальный риск:

$$r_{\text{optmin}} = \min \bar{R}_i; \bar{R}_i = \left[\sum_{j=1}^n R_{ij} p_j \right], \quad (52)$$

где R_{ij} – риск для i -й стратегии и j -й ситуации; \bar{R}_i – средний риск.

Средний риск – разность между максимальным и текущим доходами для рассматриваемой ситуации:

$$R_{ij} = \max D_{ij} - D_{ij}.$$

На основании данных о вероятностях переходов (таблица Б2, приложение Б) системы МГСП произведем формирование матрицы рисков нарушения работы пункта. Для применения критерия «минимальный риск» необходимо матрицу выигрышей преобразовать в матрицу рисков. С этой целью выигрыши заменяются соответствующими рисками, а средние выигрыши – средними рисками.

Полученные результаты оценки рисков представлены в виде ущерба и убытков – матрицы рисков. Функционирование МГСП при заданных стратегиях представлено виде разграниченных значений, соответствующих следующим обозначениям: *Normal* – в пределах нормируемых значений; *Limit* – на пределе своих возможностей; *Error* – ошибка, простой МГСП, материальные убытки (таблица 7).

Таблица 7 – Матрица уровней рисков функционирования МГСП

Параметры МГСП	K_B	R_{optmin}	R_{optcp}	R_{optmax}
0,25	<i>Error</i>	<i>Error</i>	<i>Error</i>	<i>Error</i>
0,5	<i>Error</i>	<i>Error</i>	<i>Error</i>	<i>Normal</i>
0,75	<i>Error</i>	<i>Error</i>	<i>Normal</i>	<i>Normal</i>
1	<i>Error</i>	<i>Normal</i>	<i>Normal</i>	<i>Limit</i>
1,25	<i>Normal</i>	<i>Normal</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
1,5	<i>Normal</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>
1,75	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>	<i>Limit</i>

Подобное представление позволяет установить допустимые уровни рисков, определить пределы, при которых функционирование является: эффективным; функционирующим на пределе своих возможностей; приносящим убытки, вследствие низких показателей работы и, следовательно, наносимым материальный урон.

При проведении контрольно-технического осмотра вагонов с неравноценно замененными узлами и деталями возможно рассчитать предельно допустимый риск. Результаты расчета в соответствии с выбранными параметрами обслуживания в размере 13 составов в час, интенсивности 1,188, коэффициента отказа вагона – 0,0053, вероятности простоя состава с вагонами в ожидании под обслуживание 0,847, при установленной стоимости простоя одного вагона 143 руб./ваг., соответствует результатам таблицы 7.

Таблица 7 – Результаты моделирования процесса обслуживания с формированием предельно допустимых рисков

№ состава	Риск потерь при простое вагона в ожидании обслуживания			Средний риск
	начало состава	середина состава	конец состава	
1	9724	2448	144	4105
2	8294	3432	429	4052
3	3718	1144	143	1668
4	10439	5577	1001	5672
5	7722	4004	429	4052
6	7722	3329	429	3826
7	8866	3116	1573	4518
8	5863	2902	286	3017
9	8437	4147	1144	4576
10	6864	2477	715	3351
11	8008	2263	286	3519
12	6435	3432	572	3480
13	11869	6006	1001	6292

Имитационное моделирование производилось с помощью специально разработанной программы «ПИМ ПТО ГВ МГСП», на которую получено свидетельство о регистрации программы ЭВМ (приложение Г).

Дальнейшие исследования обслуживания с использованием имитационной модели необходимо выполнить по следующим направлениям:

– Исследование влияния производственно-технических мощностей межгосударственных стыковых пунктов на организацию технического обслуживания грузовых вагонов.

– Исследование выполнения плановых заданий на основе комплексной оценки обслуживания на пункте.

Выводы к главе 3

1. Разработана имитационная модель функционирования МГСП. Созданная модель при заданных параметрах технического обслуживания вагонов позволяет произвести прогнозную оценку деятельности МГСП.

2. Модель отражает характеристики работы и вероятности переходов между состояниями системы МГСП. Полученные вероятности легли в основу матрицы рисков отказа функционирования МГСП.

3. На основании предложенного алгоритма организации технического обслуживания грузовых вагонов разработана программа имитационного моделирования ТО вагонов на МГСП, на основании разработанных модулей, запрограммированных на языке C#, получены свидетельства о регистрации ЭВМ.

4. Поставлены и решены задачи синтеза механизмов минимизации риска отказа функционирования МГСП, определены достаточные условия исправности механизма снижения производственных факторов, обусловленных техническим состоянием вагонов, прибывших под обслуживание.

5. Разработан алгоритм регулирования организации технического обслуживания грузовых вагонов на МГСП в условиях поступления вагонов с неравноценной заменой конструкционных элементов вагона.

ГЛАВА 4. МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НА МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СТЫКОВОМ ПУНКТЕ

Глава посвящена разработке метода управления риска, влияющего на функционирование межгосударственного стыкового пункта. Актуальной задачей является снижение фактора риска нарушения технического состояния грузового вагона, наносящего ущерб функционированию межгосударственного стыкового пункта в процессе технического обслуживания. Научная новизна заключается в применении методов управления рисками для совершенствования процесса технического обслуживания вагонов. На основе ранее произведенного анализа функционирования межгосударственного стыкового пункта разработана программа по снижению риска и произведена оценка эффективности текущего управления рисками. Предпосылки к рассматриваемой проблеме исследованы в предыдущих главах и в [55–70].

4.1. Управление рисками в организационно-техническом процессе обслуживания на межгосударственном стыковом пункте

Показатели исключения из составов неисправных вагонов зависят от многих факторов: показателей надежности вагонных конструкций (безотказности, параметр потока отказов, наработки на отказ), которые влияют на показатели использования вагонов, срока эксплуатации, качества, проведенных плановых и неплановых видов ремонта, качества технического обслуживания и т. д. Все эти показатели во многом служат основой функционирования МГСП. Влияние на изменение какого-то из показателей носит вероятностный характер. В случае с конкретной ситуацией числа непринятых вагонов на станции происходят материальные убытки от простоя на путях необщего пользования в условиях наличия неисправности и устранения ее в объеме безотцепочного ремонта либо наличия отказа узла или детали вагона с дальнейшим восстановлением в отцепочном ремонте, а в случаях перегруженности пункта, в простоях у подходов к станции. Все эти события в совокупности наносят риск нарушению функционирования МГСП.

На сегодняшний день оценка и управление рисками, влияющими на процесс технического обслуживания грузовых вагонов, отсутствует, следовательно, на основании исследований, проведенных в работе [18, 52, 56 – 62, 66- – 72, 86, 87, 89, 91, 94, 105, 106, 117, 129], предложена комплексная оценка эффективности функционирования межгосударственного пункта.

Актуальной задачей является снижение фактора риска нарушения технического состояния грузового вагона, наносящего ущерб функционированию межгосударственного стыкового пункта в процессе технического обслуживания. Научная новизна заключается в применении методов управления рисками для совершенствования процесса технического обслуживания вагонов. На основе ранее произведенного анализа функционирования межгосударственного стыкового пункта разработана программа по снижению риска и произведена оценка эффективности.

Снижение рисков, влияющих на производственную деятельность, является одним из ключевых способов эффективного управления предприятиями. Процесс оперирования рисками чаще называют процессом управления рисками, который состоит из нескольких основных этапов: анализ, оценка и принятие итогового управленческого решения. Каждый из этапов управления рисками имеет свои особенности, порядок действий и соответственно методы. Ключевым способом управления рисками, основанном на математических расчетах, является оценка.

Мероприятие по снижению риска является одним из способов по его управлению. Управление рисками на межгосударственном стыковом пункте (УР МГСП) как вид организации производственной деятельности опирается на ряд операций, направленных на прогнозирование и планирование процесса технического обслуживания грузовых вагонов, ориентированных на единую нормативно-техническую и методологическую документацию. Инструментом управления рисками является проведение триединой операции по анализу, идентификации и оценке факторов рисков или событий, носящих вероятностный характер с нанесением ущерба материально-технической базе организации, показателям работы и другим объектам, причастным к общей деятельности пункта. Негативным воздей-

ствием рисков является нарушение плановых заданий, снижающих общий фон производительности, темпов роста, организационно-технического потенциала и себестоимости проводимых работ. Результатом наличия риска в производственной деятельности является отклонение фактических данных показателей производственной деятельности от нормативных или плановых заданий, поступающих сверху от директивных организаций.

Таким образом, возникает необходимость в разработке программы по управлению рисками на межгосударственном пункте, заключающаяся в предупреждении явлений отказов и неисправностей грузовых вагонов, выявляемых в процессе технического обслуживания и влияющих на общий фон функционирования предприятия. Программа в виде алгоритма управления рисками нарушения функционирования межгосударственного стыкового пункта изображена на рисунке 26.

Представленный на рисунке 26 алгоритм управления рисками разделен на этапы. Каждый этап взаимозависим, и представляет собой алгоритм действий, состоящий из процессов: идентификации фактора риска, оценки деятельности, сопоставление фактического значения с нормируемым и в случае расхождения с нормируемым значением, принятия решения о снижающих воздействиях. Факторы риска в производственной деятельности межгосударственного стыкового пункта – это причины, по которым произошли снижения показателей работы: количество принятых и сданных вагонов по приграничным стыкам, количество отцепленных вагонов по техническим неисправностям, длительность простоя вагонов в текущем отцепочном ремонте. Основные причины, способствующие снижению эффективности работы МГСП, рассмотрены и классифицированы в следующей работе [71]. Для определения метода управления фактором риска проводится оценка следующих факторов риска:

- техническое состояние поступающих под обслуживание грузовых вагонов;
- время, затрачиваемое на выявление технически неисправных вагонов и на формирование документов по договоренности о проведении безотцепочного

ремонта или текущего на территории государства, выявившего неисправность или пересылки обратно к государству, пропустившему неисправный вагон;

– затраты на проведение ремонтных работ по восстановлению ресурса технически неисправных вагонов.



Рисунок 26 – Алгоритм программы управления рисками нарушения деятельности пункта

Особое внимание требуют факторы риска, которые ранее повлияли на получение ущерба или финансовых потерь, данные о таких факторах имеются в автоматизированных базах и статистических данных об отказах технического состояния вагонов, простоях в ремонте [66]. Число простаивающих вагонов, время про-

стоя и затраты на проведение безотцепочных ремонтных работ с целью восстановления технического состояния вагонов.

Следующий этап управления рисками – это количественная оценка рисков, способствующих нарушению функционирования межгосударственного стыкового пункта. Для оценки технического обслуживания вагонов на МГСП предлагались вероятностные оценки состояний (ВО МГСП). Деятельность МГСП представляет собой иерархическую структуру, подверженную вероятностным изменениям, где структурные элементы: вагон, объединенные вагоны в виде состава и влияние их технического состояния на МГСП как на систему [66]. Эти характеристики отвечают требованиям методов разработки систем сбалансированных показателей (ССП) [34, 72, 94, 112 – 117]. В рамках этой системы, где органом управления выступает лицо, принимающее решение – начальник эксплуатационного депо, результаты вероятностной оценки обеспечивают его информацией об объектах оценивания – МГСП, для принятия эффективных управленческих решений. Такой подход способствует повышению пропускной способности и финансовой устойчивости.

Основополагающие принципы ВО МГСП: автоматизируемость расчета, способность изменения входных параметров обслуживания вагонов в рамках межгосударственного стыкового пункта в условиях непрерывности и достижения заданной цели предприятия. ВО МГСП основывается на результатах количественных, статистических данных производственной отчетности межгосударственного стыкового пункта. Комплексность данных достигается за счет наличия информации о первичных, количественных показателях, отражающих функционирование межгосударственного стыкового пункта. Возможность учета перспективы, непрерывности развития и совершенствования ВО МГСП достигается в результате анализа результатов, рассчитанных на долгий срок деятельности в производственно-хозяйственной области с интеграцией в действующую практику в отдельные, оцениваемые периоды времени. Формирование ВО МГСП происходит исходя из существующей структуры управления и на основе полной, стабильной и достоверной информации, исчисляемой количественно [57, 58, 63 – 65]. Полу-

ченная в результате использования ВО МГСП на оцениваемом отрезке времени система, состоящая из первичных показателей, анализируется и рассматривается с точки зрения адаптации к изменениям. Изменения, возникающие в процедуре управления, показателях и отчетных документах в результате функционирования межгосударственного стыкового пункта, учитываются в дальнейших расчетах. ВО МГСП ориентирован на эволюцию сложившейся практики, улучшение теоретического, методического, организационного видов обеспечения. Гибкость ВО МГСП проявляется в ее настройке на цели межгосударственного стыкового пункта. Это достигается при условии выбора составной и структурной составляющих первичных показателей, ориентированных на тактику и стратегию управления. Главным критерием выбора является статус показателей и нормативов применения в формализованной процедуре формирования ВО МГСП.

Состояние межгосударственного стыкового пункта описывается графами состояний, зависящих от результатов технического обслуживания вагонов с формированием показателей функционирования. В результате построения оценки деятельности производится рассмотрение соответствия поставленных задач и состояния межгосударственного пункта [59].

Задается начальное состояние функционирования межгосударственного стыкового пункта, выбираемое в качестве эталонного, для которого задаются первичные показатели, состоящие из однозначных, достоверных количественных данных. Такие показатели имеются в существующей системе статистической отчетности межгосударственного стыкового пункта. Показатели, состоящие из первичных и основных данных, позволяют достичь выполнения плановых заданий. При высоком уровне их реализации выполняются критерии качества обслуживания вагонов на пункте, что в итоге влияет на его эффективность работы. При высоком отклонении результатов деятельности от заданных в сторону снижения показателей работы производится штрафная оценка, влекущая за собой соответствующие меры воздействия по устранению причин или факторов снижения [10]. По итогам объединения всех оценок с помощью эвристического элемента, назы-

ваемого матрицей свертки (МС), формируется общая количественная оценка функционирования межгосударственного стыкового пункта.

Итоговая оценка формируется за три шага. Сначала каждого этапа деятельности присваиваются четыре ранга. При невыполнении хотя бы одного из основных показателей формируется минимальное значение, соответствующее первому рангу, то есть неудовлетворительная оценка. Значения второго и третьего ранга отражают удовлетворительную и хорошую оценку соответственно. Самый высший – четвертый ранг – свидетельствует об отличной оценке функционирования межгосударственного стыкового пункта.

Оценка производственной деятельности основывается на количественных результатах выполнения плановых заданий по ТО вагонов на МГСП – на объемах выполненных работ, т. е. объемные показатели в натуральном выражении или количество проследовавших вагонов, количество отцепленных вагонов, средний простой вагонов в текущем отцепочном ремонте.

4.2. Интегральная оценка показателей организации технического обслуживания вагонов межгосударственного стыкового пункта

ВО МГСП состоит из двух этапов. Задается начальное состояние функционирования межгосударственного стыкового пункта, выбираемое в качестве эталонного, для которого задаются первичные показатели, состоящие из однозначных, достоверных количественных данных [32, 128]. Такие показатели имеются в существующей системе статистической отчетности межгосударственного стыкового пункта. Дальнейший этап заключается в выборе определённых показателей, так сказать низкого или первого уровня, выполнение которых ориентировано на частные цели. Процедура по реализации оценки и сравнения основных и первичных показателей ведет к выполнению плановых заданий, что в свою очередь повышает производительность работы пункта. Иначе говоря, низкие результаты приводят к штрафу [23].

На втором этапе, схема которого изображена на рисунке 27, представлена структура формирования оценки деятельности, где группируются показатели вы-

полнения технического обслуживания вагонов в зависимости от технического состояния вагонов, аналогичен процесс и для первичных показателей.

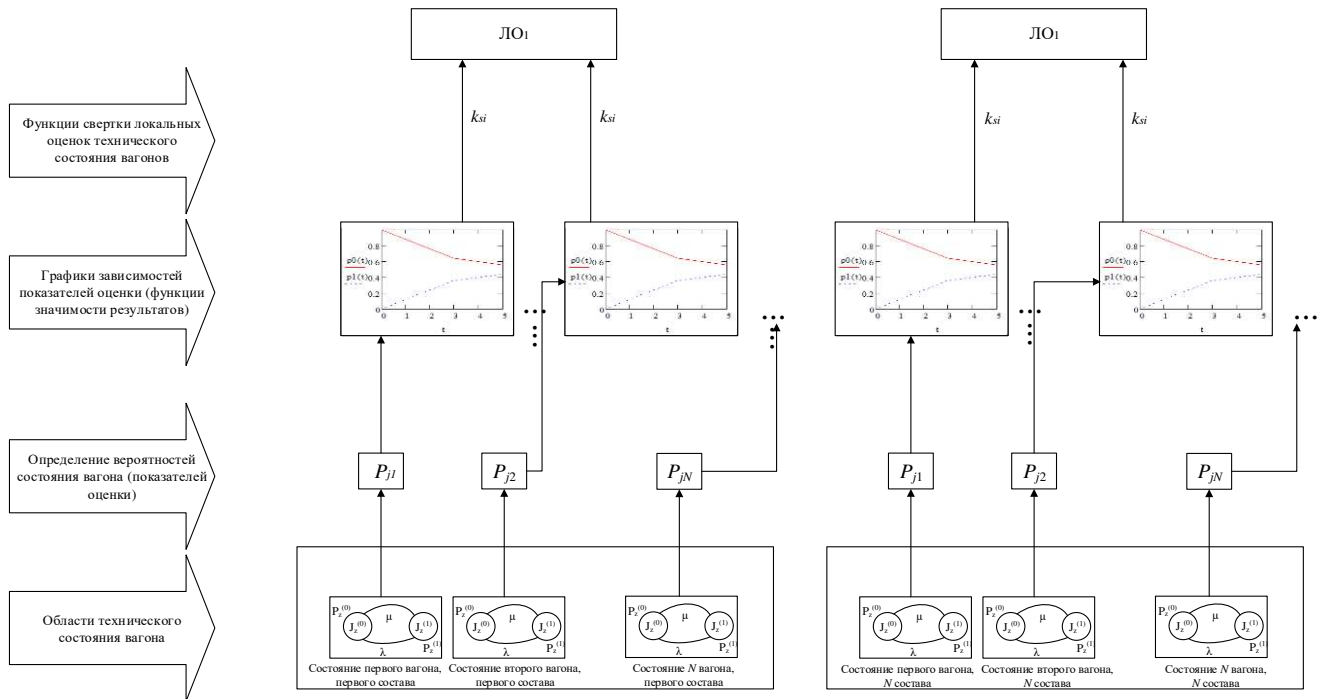


Рисунок 27 – Структурная схема локальной оценки

Для отображения результатов степени достижения производственным коллективом концентрированной оценки для каждой группы показателей формируется локальная оценка. Несмотря на то, что для каждой области деятельности формируются свои частные показатели, в рамках данного исследования ориентир направлен на производственную деятельность по обслуживанию вагонов. Результат распределения производственных значений, рассматриваемых показателей, производится по уровням нормативных значений: минимальные, средние, максимальные [114 – 117]. Оцениваемая область деятельности формирует вектор результатов частных оценок деятельности в рассматриваемой области.

По итогам объединения всех локальных оценок с помощью эвристического элемента, называемого матрицей свертки (МС), формируется промежуточная оценка [117] функционирования межгосударственного стыкового пункта, представленного на рисунке 28.

Объединение всех промежуточных оценок с помощью МС формирует итоговую оценку совокупности показателей работы МГСП (рисунок 29).

Ориентирование на конкретную систему показателей, определение ее статуса и разделение по областям деятельности межгосударственного стыкового пункта позволяет построить обобщенную и последовательную структуру оценок – комплексную оценку показателей. Следовательно, происходит распределение по областям деятельности первичных показателей [117].

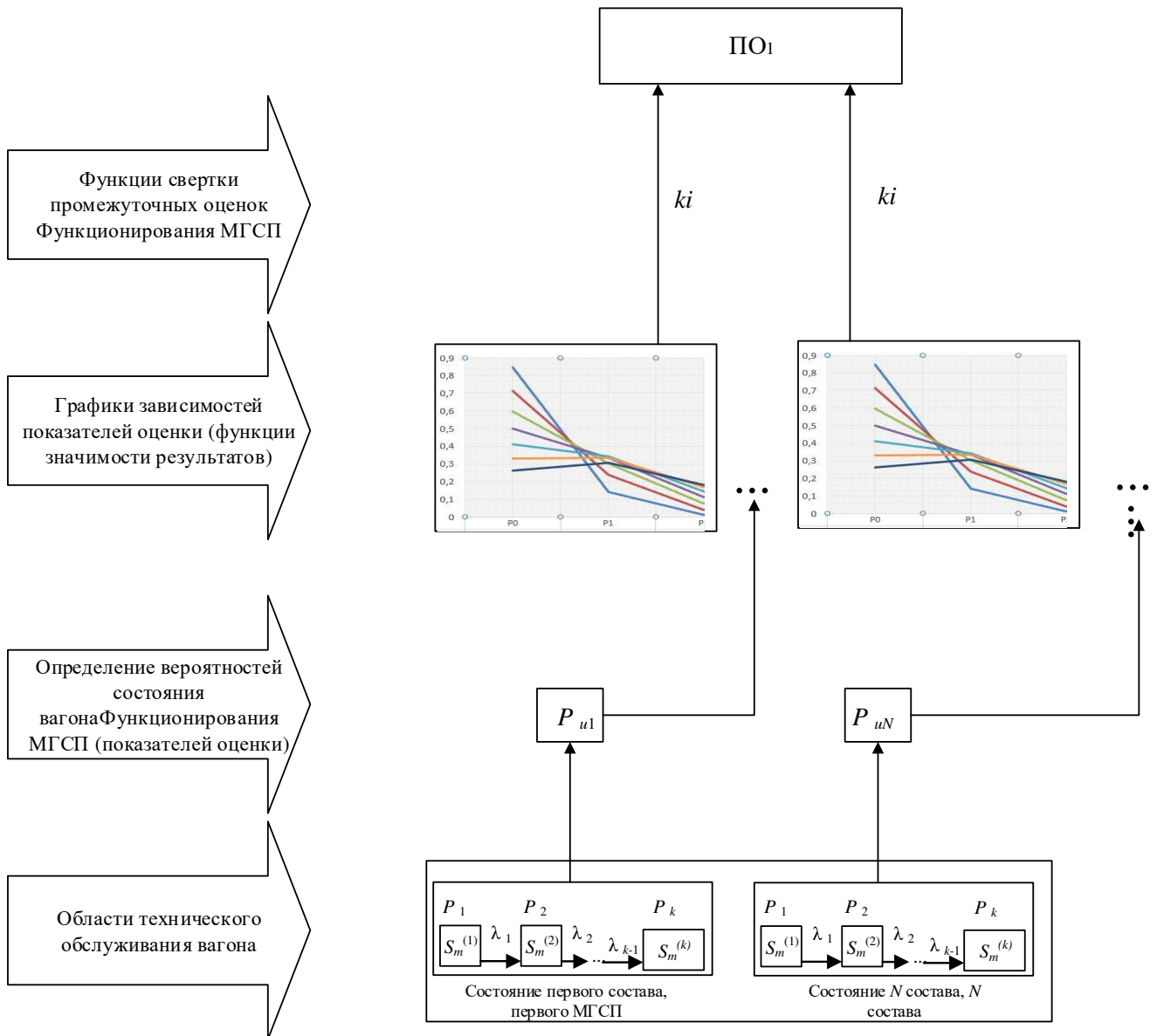


Рисунок 28 – Формирование промежуточной оценки

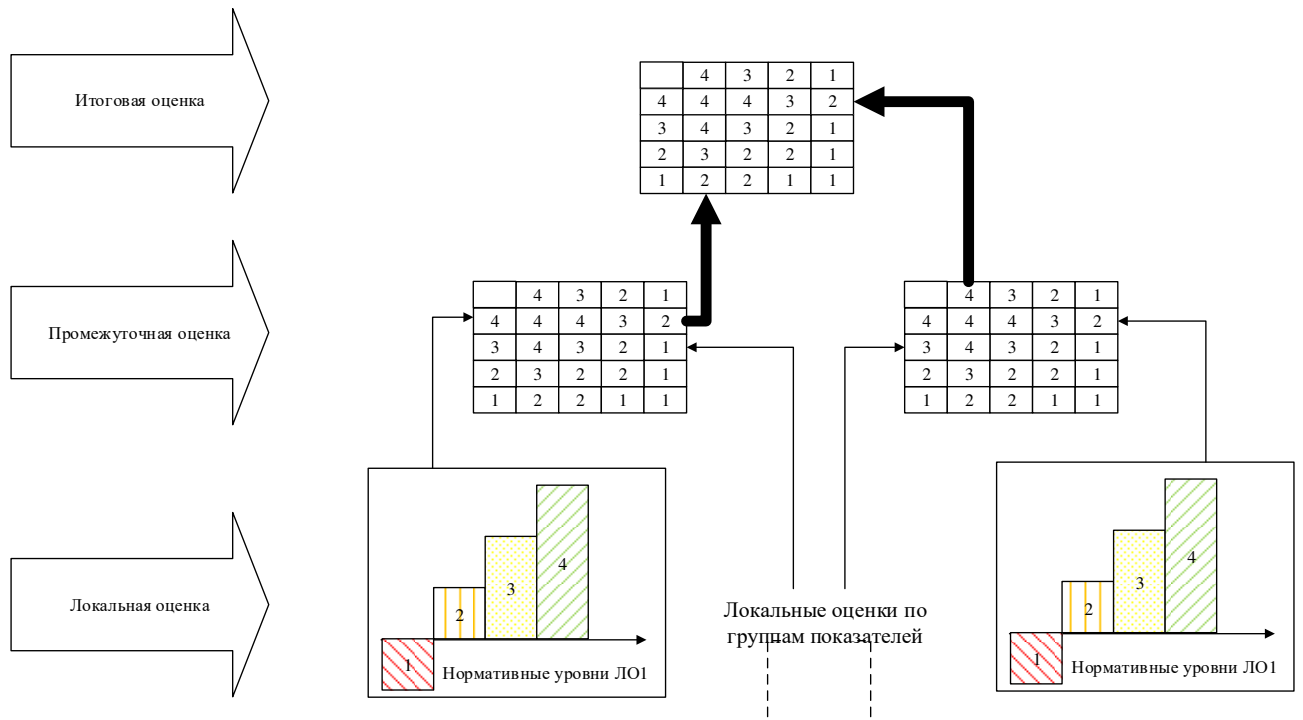


Рисунок 29 – Структурная схема итоговой оценки

Итоговая оценка формируется за три шага (рисунок 30).

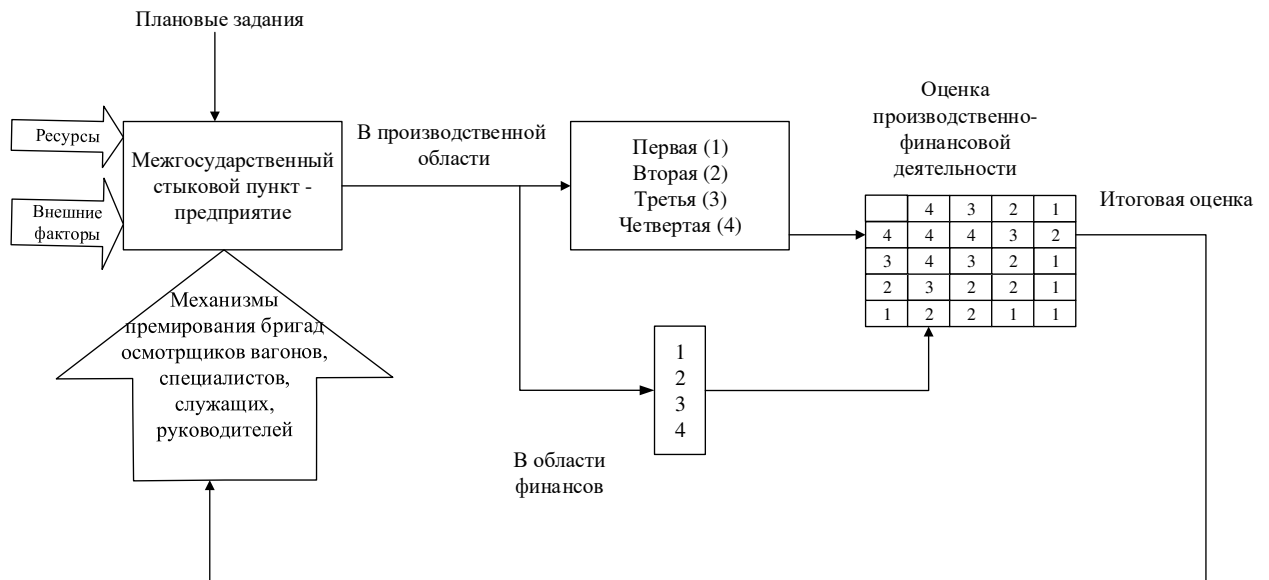


Рисунок 30 – Организационная схема формирования ВО МГСП

Сначала каждой области деятельности присваиваются четыре ранга. При невыполнении хотя бы одного из основных показателей, формируется минимальное значение, соответствующее первому рангу, то есть неудовлетворительную оценку. Значения второго и третьего ранга отражают удовлетворительную и хорошую оценку соответственно. Самый высший – четвертый ранг – свидетельствует об отличной оценке функционирования межгосударственного стыкового пункта [72].

Определение степени реализации всей области производственной деятельности в период оценивания достигается за счет формирования с помощью МС1 производственной оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта, изображенного на рисунке 30. Формируемые в результате таблицы оценок должны выполнять все основные показатели деятельности межгосударственного стыкового пункта [70]. Оценка производственной деятельности основывается на количественных результатах выполнения плановых заданий по ТО вагонов на МГСП [63] – на объемах выполненных работ (объем работ в натуральном выражении или количество обслуженных вагонов).

4.3. Исследование на модели работы межгосударственного стыкового пункта

Количественная оценка в производственной деятельности определяется на основе статистической отчетности по обслуживанию грузовых вагонов, следовавших из ОАО «РЖД» в сопредельные государства и прибывающих обратно, а также количественными показателями отцепки неисправных вагонов (рисунок 31).

Результаты итоговой, количественной оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта ложатся в основу управления рисками, влияющими на снижение производительности предприятия.

Преимущества комплексной оценки предприятий широко известны и описаны в работах [52, 72, 114 – 117, 129]. Главное преимущество комплексной оценки производственной деятельности – это возможность свести в общую итоговую

оценку произвольное число различных параметров и показателей оценки работы межгосударственного стыкового пункта [10]. Комплексная оценка повышает производительность за счет увеличения ответственности и заинтересованности исполнителей посредством проведения всестороннего анализа с целью отыскания оптимальных параметров деятельности производственного предприятия. Количественные показатели работы межгосударственного стыкового пункта образуют систему оценочных показателей. Для определения деятельности МГСП по нескольким показателям одновременно необходимо сопоставить вычисляемый норматив x_t^0 с результатом выполнения плана y_t и объединить оценочные показатели n_t , используя эвристический механизм «матрица свертки» (МС) [117]. Матрица свертки представляет таблично заданные значения нормативов свертки двух показателей, один из показателей занимает позицию строки, другой – позицию столбца.

На пересечении двух значений строки и столбца определяется значение ранга двух показателей деятельности МГСП e_t^0 , например оценка показателя числа обслуженных одной бригадой ОРВ вагонов, проследовавших через МГСП за сутки. Нормативы оценки – это, в рамках обслуживания, показатели работы, отражающие эффективное функционирование. Показатели y_t формируются обработкой первичной информации, поступающей в рамках производственной деятельности, формируемой в виде отчетов о работе МГСП за исследуемый период.

Оценивание e_t определенного показателя производится по формуле ниже [115, 117]:

$$e_t = l_t y_t, \quad (53)$$

$$l_t = \begin{cases} 1 + (x_t / y_t - 1), & \text{если } x_t \leq y_t, \\ 1 + (1 - x_t / y_t), & \text{если } x_t > y_t, \end{cases} \quad (54)$$

где x_t – расчетное значение, полученное в результате прогнозирования в соответствии с плановым показателем за время t ;

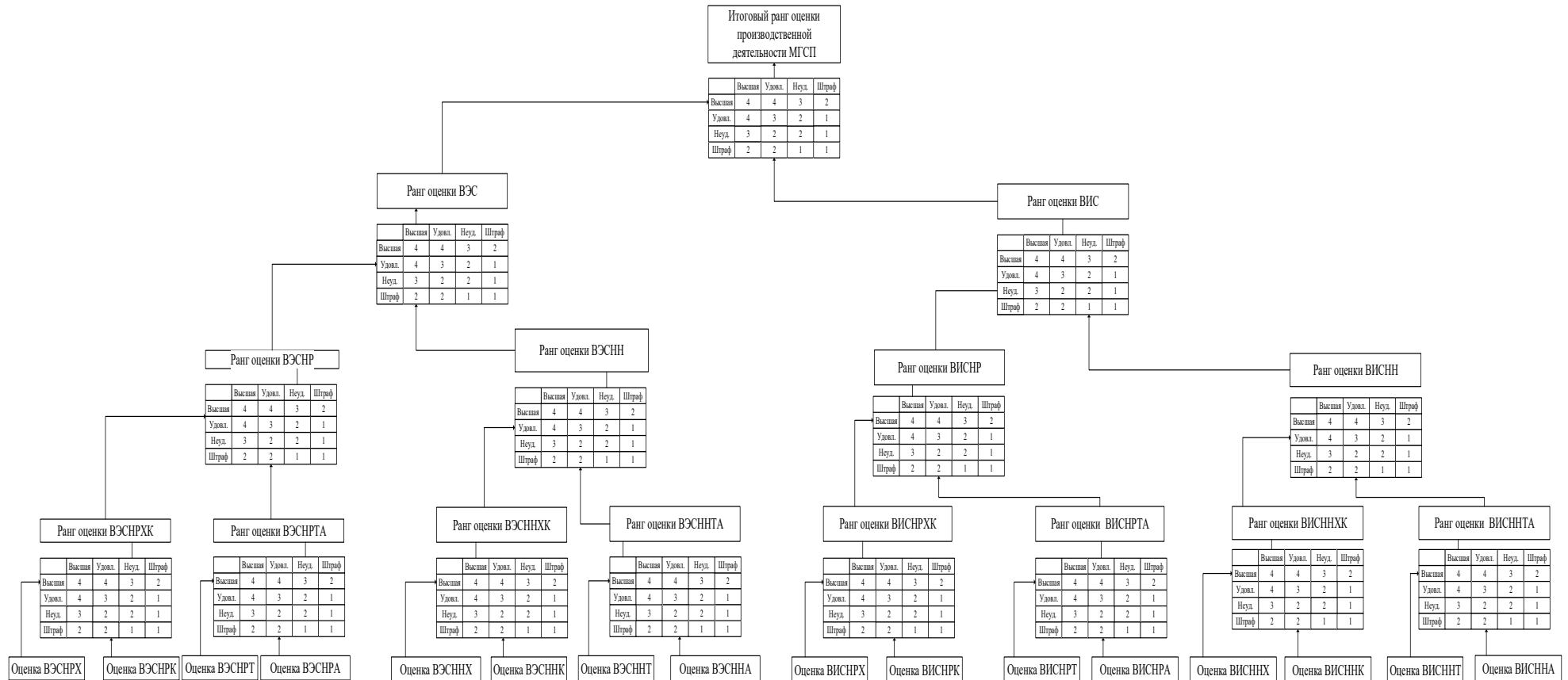


Рисунок 31 – Структурная схема количественной оценки производственной деятельности МГСП:

ВИС – вагоны импортного сообщения; ВЭС – вагоны экспортного сообщения; ВТС – вагоны транзитного сообщения;

ВЭСНРХК – неисправные работоспособные вагоны по ходовым частям и кузову экспортного сообщения;

ВИСННТА – неисправные неработоспособные вагоны по тормозной системе и автосцепным устройствам импортного сообщения.

y_t – значение, определяемое в результате реальной производственной деятельности в течение заданного временного интервала t ;

l_t – значение функциональной зависимости y_t показателя при отклонении от нормативного x_t значения.

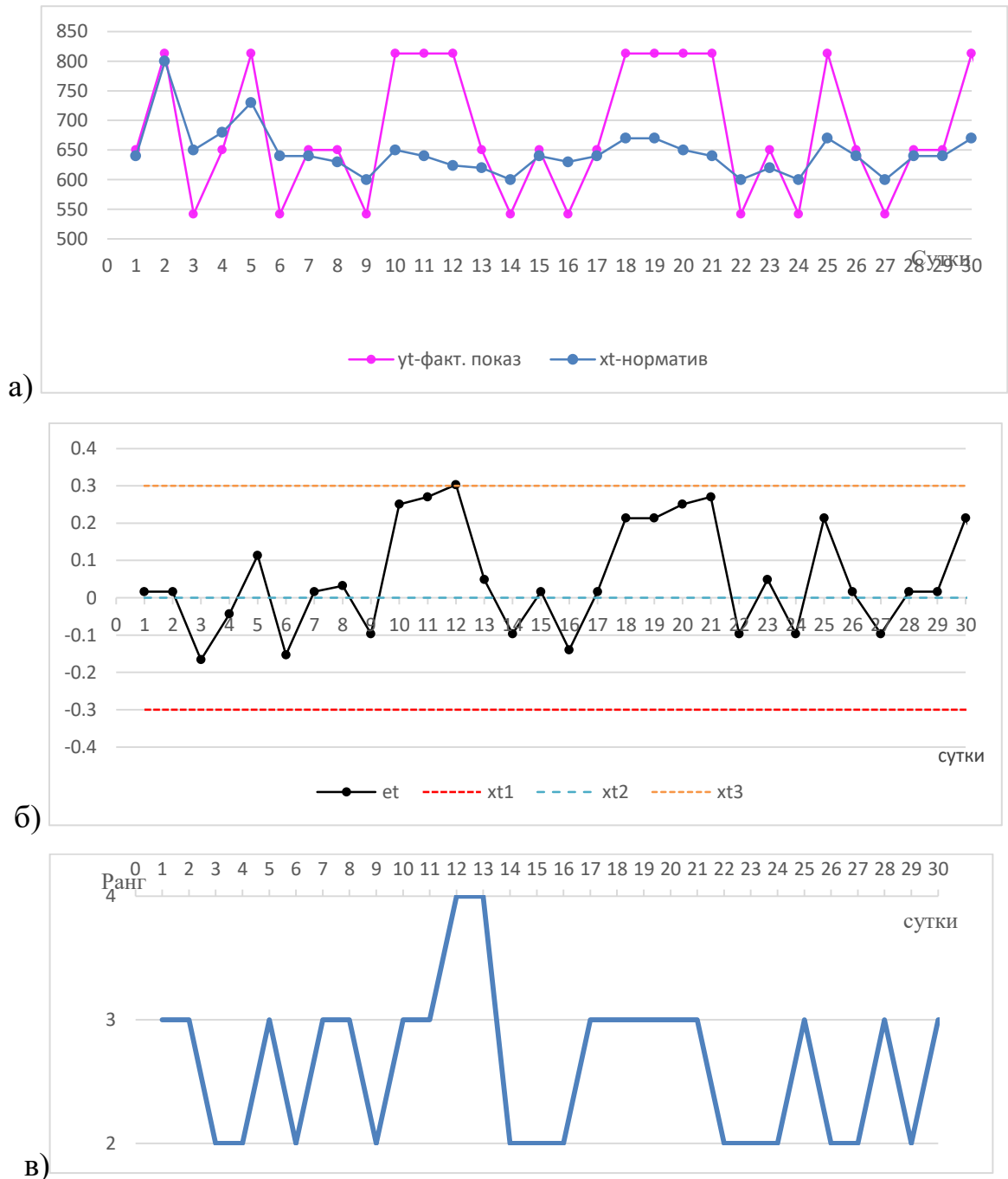


Рисунок 32 – График выполнения показателя и норматив его оценивания деятельности МГСП:

- а) график выполнения показателя и норматив его оценивания по числу проследовавших через МГСП вагонов;
- б) оценка показателя по числу проследовавших через МГСП вагонов;
- в) ранг оценки показателя по числу проследовавших через МГСП вагонов.

В результате получения оценки расхождений нормативных и фактических данных для ранжирования оценок по уровням используется норматив ранжирования n_{i+1} или предельная линия, в результате пересечения которой определяются минимальные и максимальные уровни расхождения оценок:

$$n_{i+1}^i = n_i^i - \gamma_i \left(n_i^i - \frac{\omega_{12}^i - (\omega_{12}^i + \omega_{21}^i) S_i(y_i) - h}{l} \right), \quad (55)$$

где, распределение по рангам производится с помощью норм ранжирования n_i^1 , n_i^2 , n_i^3 , соответствующим уровню 2, 3, 4 соответственно. Причем значения следующих величин ω_{12}^1 , ω_{12}^2 , ω_{12}^3 , отражают уровень потерь в случае некорректного отнесения высшего ранга к низшему, аналогично в случае отнесения низшего ранга к высшему следующих величин ω_{21}^1 , ω_{21}^2 , ω_{21}^3 .

На рисунке 32 представлены фактические данные и норматив – результат расчета показателя (53 – 55) приема грузовых вагонов по МГСП, численные значения представлены в таблице В1, приложения В.

Деятельность МГСП во многом зависит от числа проследовавших через него вагонов при высоких показателях эффективность его работы оценивается наивысшей оценкой, соответствующей четвертому рангу, при показателях, соответствующих норме, заданной нормативно-технической документацией оценке ранга соответствует значениям от трех от двух баллов. Показатели, оцениваемые в один балл, соответствуют плохим результатам деятельности МГСП.

Из числа проследовавших вагонов, относимых ко второй группе показателей работы МГСП, относят количество отцепленных вагонов по техническим неисправностям. Наглядно проследить за изменениями значений показателей отцепки вагонов за отчетный период (таблица В1, приложение В), можно на рисунке 33.

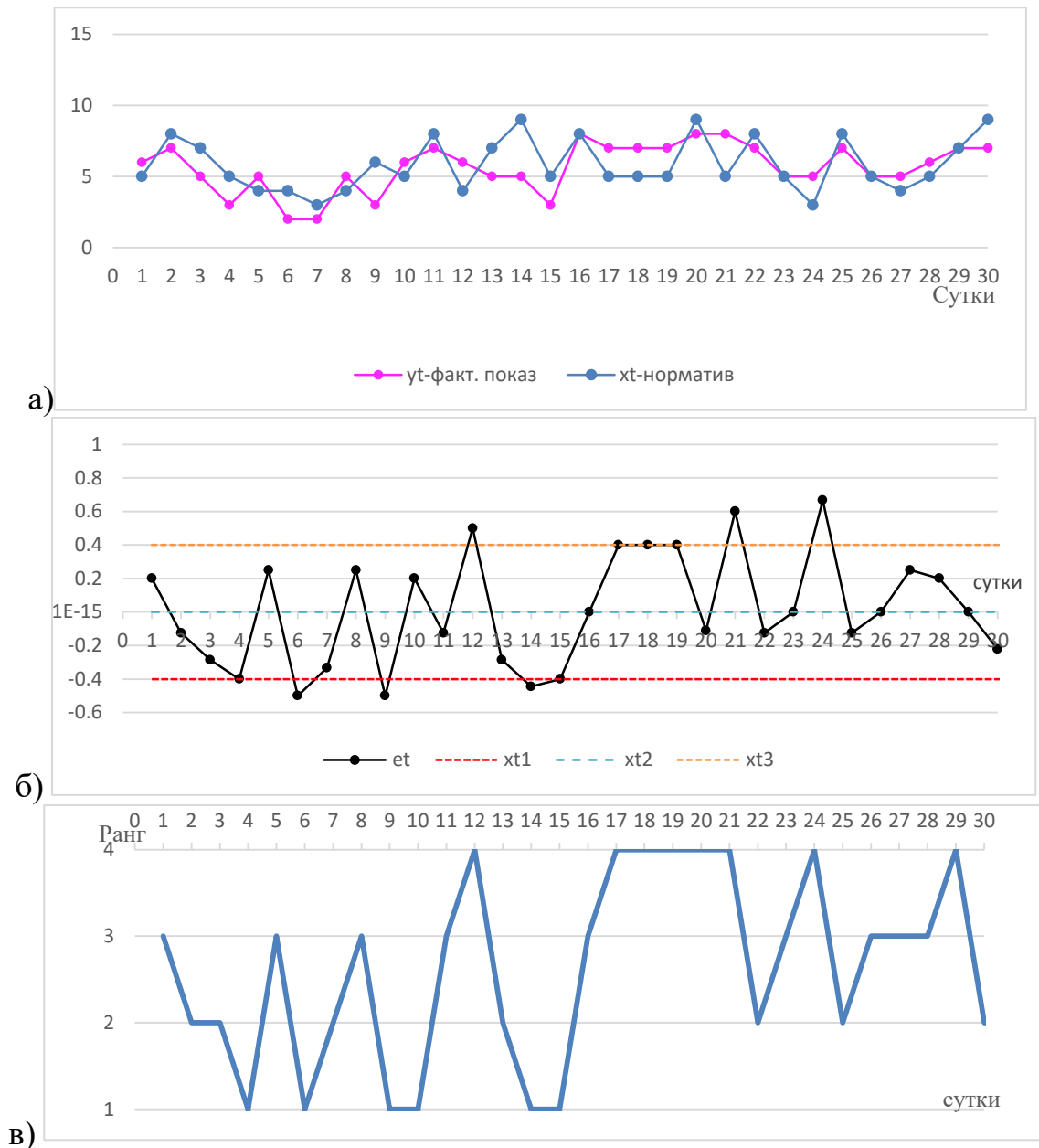


Рисунок 33 – График выполнения показателя отцепки вагонов на МГСП и норматив его оценивания:

- а) график выполнения показателя и норматив его оценивания по отцепке вагонов на МГСП;
 б) оценка показателя отцепки вагонов; в) ранг оценки показателя отцепки вагонов

Оценочная система, представленная на рисунке 34, соответствует тем же критериям (53 – 55), что и для показателей объема проследовавших через МГСП вагонов. Но в отличие от вышеуказанного показателя, большую ответственность за качество отцепленных вагонов несут осмотрщики вагонов, за отдельные виды неисправностей при высоких показателях работы производится премирование отдельных осмотрщиков вагонов, таблица В2, приложение В.

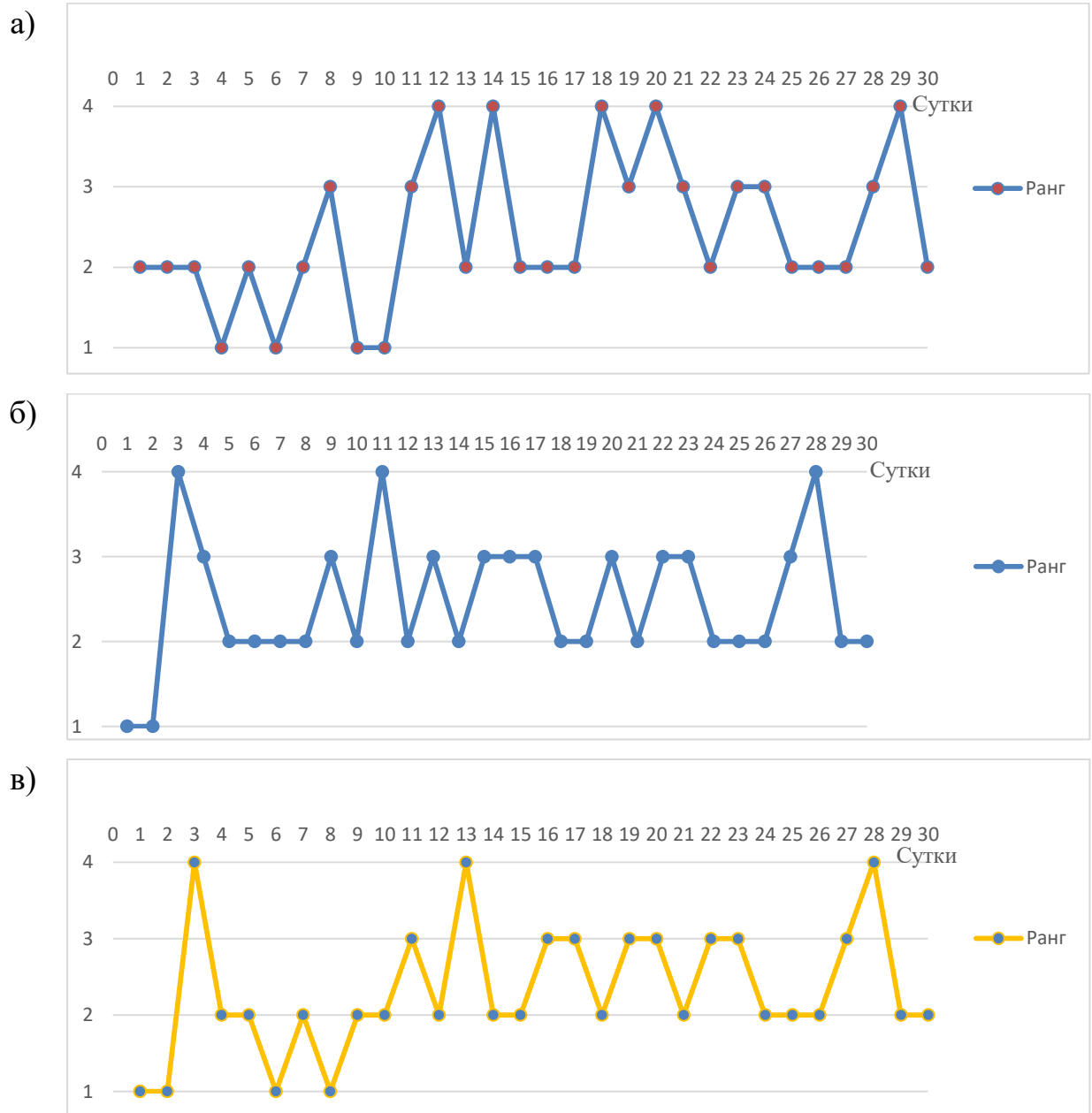


Рисунок 34– Ранг выполнения показателей обслуживания и отцепки вагонов:
 а) ранг оценки выполнения показателя технического обслуживания и отцепки вагонов, следовавших в импортном сообщении; б) ранг оценки выполнения показателя технического обслуживания и отцепки вагонов, следовавших в экспортном сообщении; в) ранг оценки итогового выполнения показателя технического обслуживания и отцепки вагонов

Произведен анализ показателей грузовых сообщений между государствами, граничащими с Российской Федерацией и третьими странами. Определены тенденции изменения таких показателей, как количество перевезенных грузов, грузооборота, оборота и числа непринятых по МГСП грузовых вагонов. Вследствие че-

го определены действия по оценке результативности работ на МГСП, для чего было предложено обратиться к системе сбалансированных показателей.

Результаты исследований по организации обслуживания вагонов межгосударственного сообщения внедрены на производственное предприятие Московского представительства АО «ФГК» (приложение Д).

4.4. Результаты исследований на математической модели работы межгосударственного стыкового пункта

Гарантией качества выполняемых работ является результат соответствия выполненных фактических показателей с плановыми. В диссертации предложены математическая и имитационная модели, позволяющие рассчитывать аналог производственной деятельности с формированием норм оценок на прогнозируемый период времени. В дальнейшем предстоит задача не раз применять разработанную модель имитационную модель, чтобы проследить и отразить изменения показателей работы в зависимости от установленных различных параметров системы обслуживания.

Рассмотрим применимость модели для расчета иных показателей работы. В процессе построения имитационной модели формировался ряд показателей, не рассмотренных подробно в данной диссертации, так как главной задачей являлась оценка обслуживания вагонов с учетом связи состояний эксплуатируемых узлов и деталей.

Обратимся к данным статистики [99–103], сформированным в результате работы специализированных пунктов, расположенных на территории Российской Федерации, и граничащих с сопредельными государствами.

На рисунке 35 показано, что показатели работы разнятся в зависимости от периода рассматриваемого времени, когда наиболее высокие объемы приходятся на период с 2011–2013 гг. Несмотря на спад объема перевезённых млн тонн грузов в 2015–2016 годах, наблюдается рост динамики, что положительно сказывается на технико-экономических показателях во взаимоотношениях между граничащими государствами.

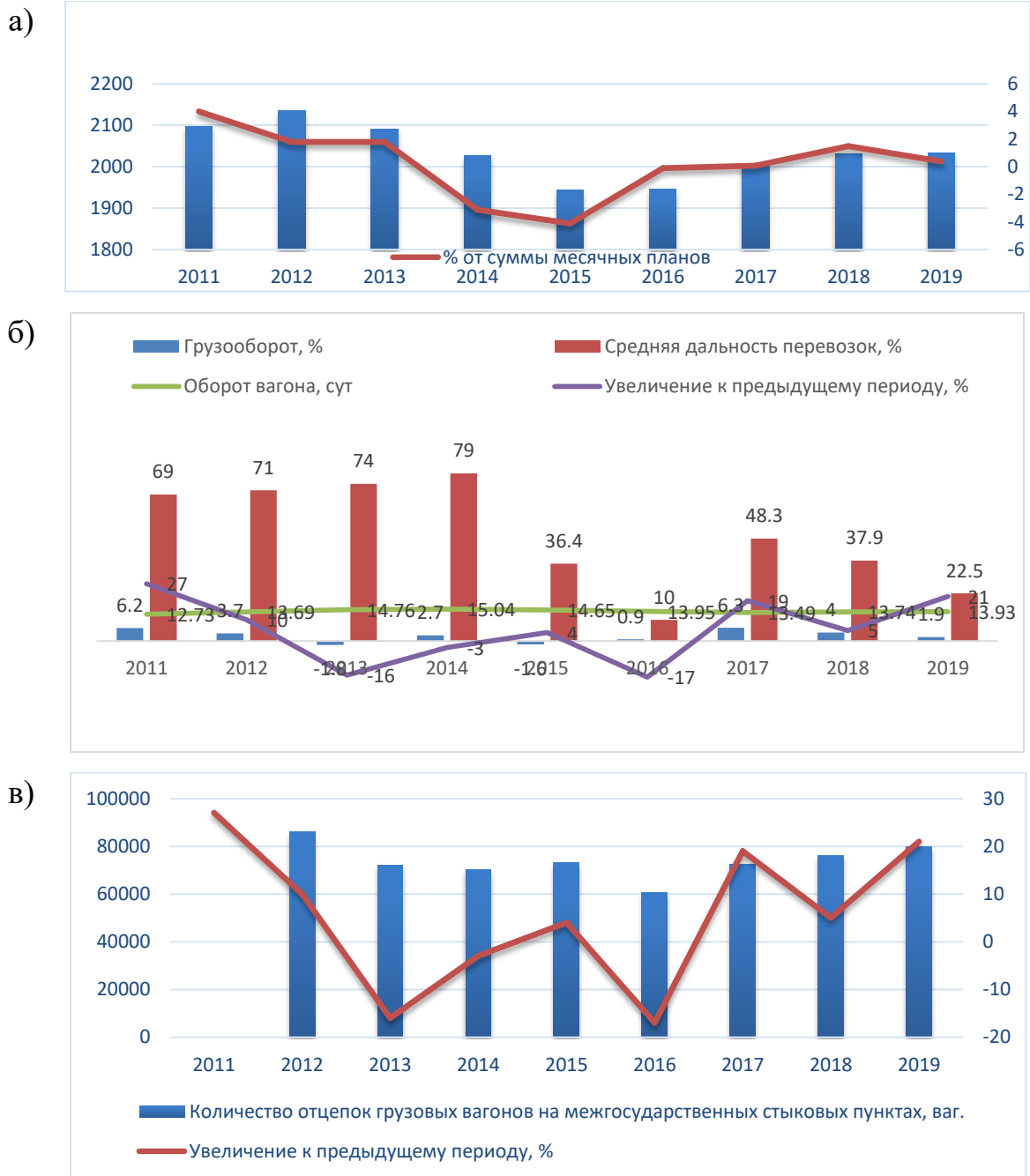


Рисунок 35 – Результаты показателей взаимодействия грузовых перевозок между Россией и сопредельными государствами:

- а) объемы перевезенных грузов в международном сообщении в период с 2011–2019 гг.;
- б) показатели грузооборота и средней дальности перевозок в период с 2011–2019 гг. [1];
- в) динамика непринятых вагонов по МГСП в период с 2011–2019 гг. [1]

Представим эти же показатели в деятельности двух различных МГСП и сравним их работу, сформировав согласно программному комплексу имитационного моделирования численные значения показателей (рисунок 36).

Результаты моделирования отражают зависимость объема перевезённого груза и параметров обслуживания пункта. Характеристики одних и тех же показателей разнятся у разных пунктов в связи с интенсивностями поступления грузовых составов под обслуживание, различной длины и дальности перевозок.

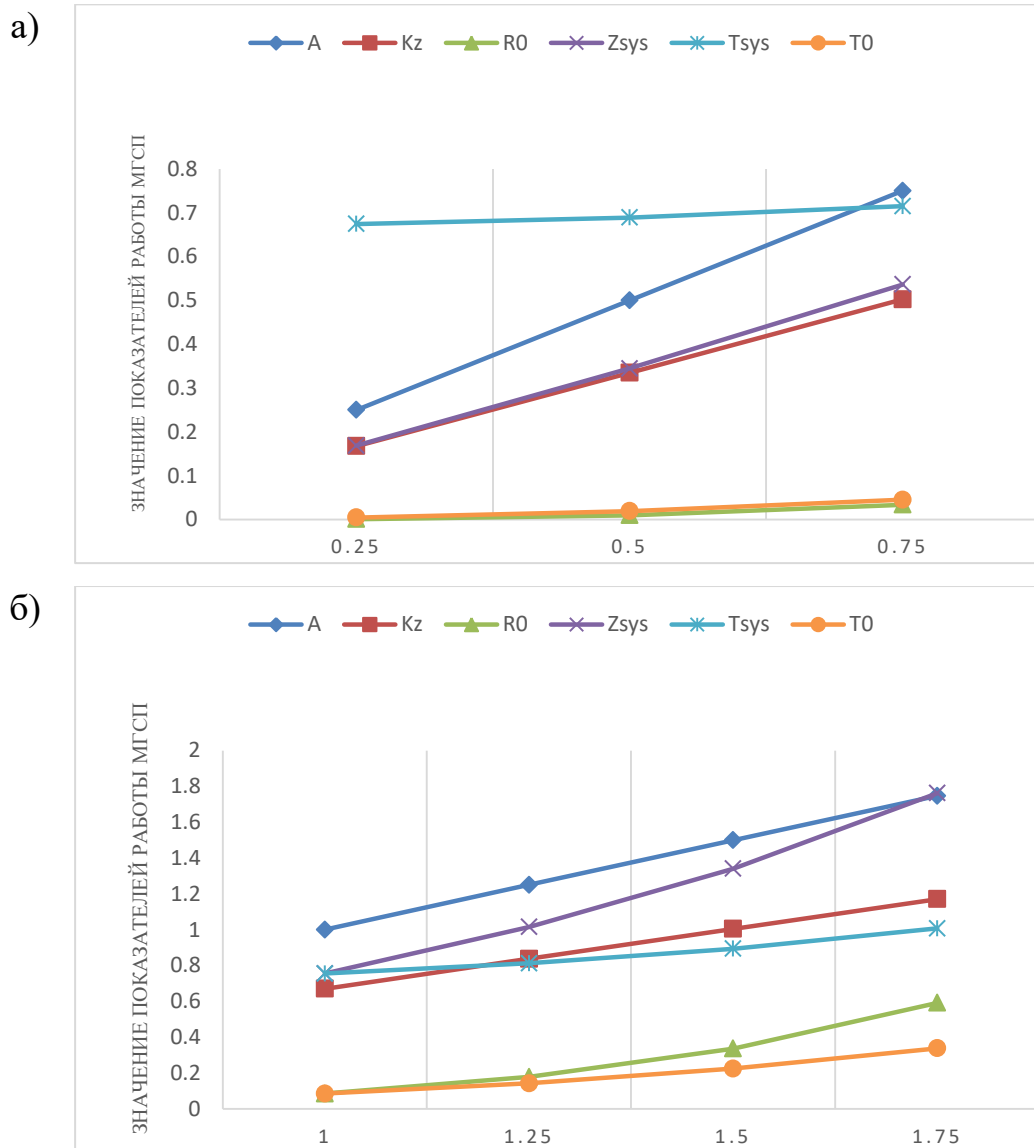


Рисунок 36 – Показатели работы МГСП:

- а) графики зависимостей показателей работы МГСП 1 и параметров обслуживания;
 б) графики зависимостей показателей работы МГСП 2 и параметров обслуживания

Для полученных показателей произведем комплексную оценку деятельности пункта и определим, насколько эффективны заданные параметры обслуживания для различных МГСП при равных объемах грузопотока (рисунок 37).

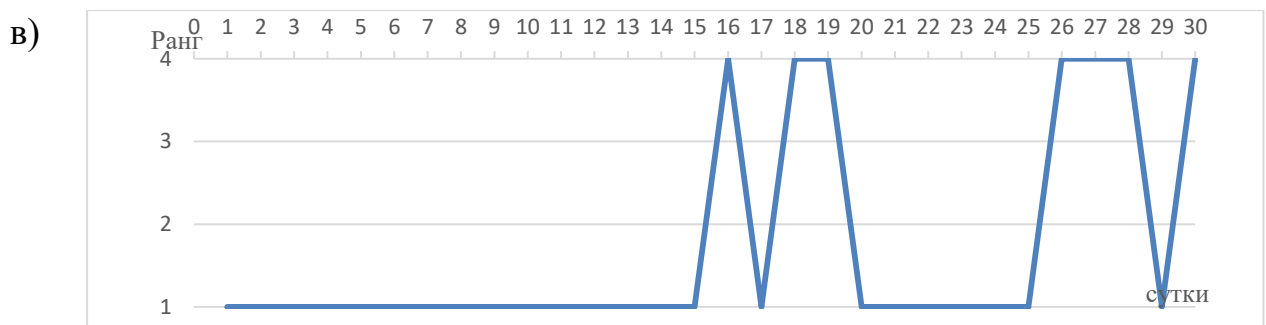
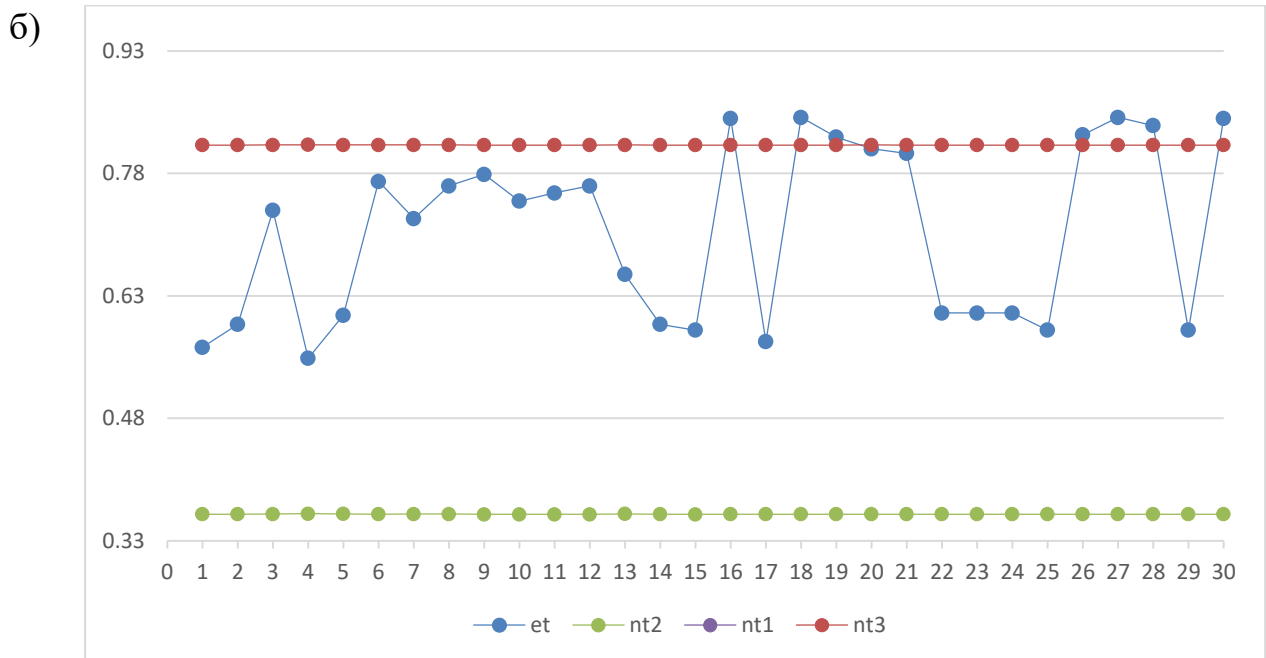
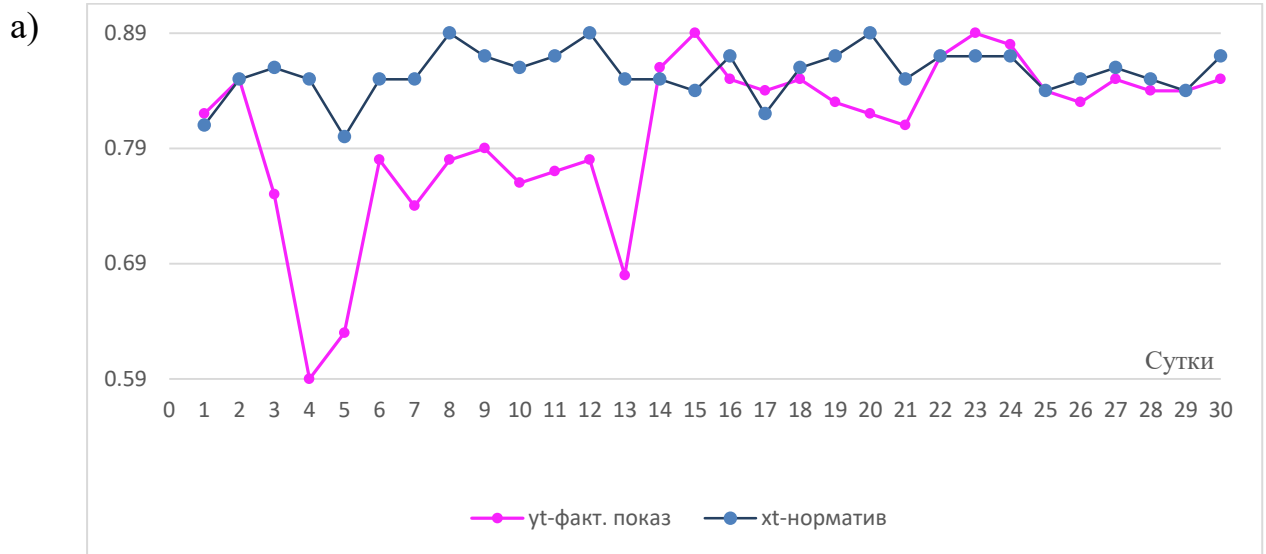


Рисунок 37 – Ранг выполнения показателей объема перевезенного груза:

а) ранг оценки выполнения показателя объема перевезенного груза, млн тонн;

б) ранг оценки выполнения показателя перевозки грузов;

в) ранг оценки итогового выполнения показателя объема перевезенного груза

Произведен анализ показателей грузовых сообщений между государствами, граничащими с Российской Федерацией и третьими странами. Определены тенденции изменения таких показателей, как количество перевезенного груза в млн тонн. Расчетным путем определена связь параметров обслуживания на пункте с объемом перевезенного груза на одном МГСП.

Выводы к главе 4

1. Разработана комплексная оценка количественных показателей работы МГСП на предмет выявления точек роста эффективности с целью поддержания установленных параметров в последующем временном интервале.

2. На основании проведенных расчетов выполнения технического обслуживания грузовых вагонов, следующих в импортном и экспортном сообщениях, в том числе и количества, отцепленных по неисправному техническому состоянию вагонов, получены результаты в виде показателей функционирования МГСП.

3. Методика комплексной оценки количественных показателей работы МГСП позволяет определить ранг выполнения плановых показателей работы на основе отклонения результатов фактических показателей деятельности с нормативными.

4. Для оценки результатов функционирования МГСП, произведено объединение рассчитываемых показателей работы с помощью МС, которая производит свертку фактических данных по работе МГСП за отчетный период с расчетными данными. Уровень расхождения между результатами образует ранговый механизм, распределение которого отражает либо эффективность, либо убыточность действий. Полученная оценка позволяет произвести ранжирование по выполнению плановых задач по обслуживанию вагонов.

5. В сочетании с последними данными, в виде рангов эффективности работы при известных вероятностях переходов систем становится возможным определение уровня риска, воздействующего на организацию ТО и функционирование МГСП в целом.

6. Результаты получения аналитических и оценочных данных являются этапами управления рисками, влияющими на организационно-технический процесс обслуживания вагонов на МГСП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования согласно поставленной цели и решенным задачам повлияли на повышение эффективности организации межгосударственного стыкового пункта. Достижение поставленных задачи позволило добиться желаемого уровня показателей работы межгосударственных стыковых пунктов за счет управления рисками нарушения функционирования в условиях вероятностной оценки влияния поступления под обслуживание грузовых вагонов различного технического состояния. Основные результаты исследования заключаются в следующем:

1. Выполнено исследование состояния обслуживаемых вагонов на межгосударственном стыковом пункте, которое показало, что наиболее подвержены риску отказа грузовые вагоны, ремонт которых был произведен на территории сопредельных государств, их отцепка производилась в 5 раз больше, чем вагонов экспортного сообщения.

Вследствие чего произведен численный анализ отцепок по причине неисправности вагонов с некорректными данными по трафарету на узлах и деталях вагона.

2. Показатель фактических отцепок распределен по основным узлам и деталям вагонов, наибольшему риску отказа вагонов соответствуют детали ходовых частей, неисправности колесных пар составляют 43 %, неисправности литых деталей боковых рам и надрессорных балок составляют 29 %, неисправности деталей тормозных систем составляют 11 %, неисправности деталей автосцепных устройств – 17 %. Пропуск таких вагонов ведет к риску нарушения безопасности железнодорожных грузоперевозок на территории страны. Следовательно, возложенный на МГСР контроль и устранение таких событий приводит к необходимости оценить уровень воздействия факторов риска с математической точки зрения и рассчитать данные согласно существующим критериям риска.

3. Дано определение понятию «технический риск», который характеризуется как мера вероятностных переходов объектов системы межгосударственно-

го стыкового пункта и оценивается в случае убытков со стоимостным соотношением проведенных ремонтных работ с заменой неисправной детали и узла.

Исследованы основные виды рисков и распределены по группам с целью формирования теоретических знаний о параметрах, участвующих в формировании постановки задачи исследований.

4. Предложена классификация рисков, возникающих в результате обслуживания вагонов межгосударственного сообщения с учетом их влияния на качество функционирования межгосударственного стыкового пункта.

5. Установлен технический объект, в котором учитываются влияния параметров технического состояния конструктивных элементов грузовых вагонов, что предопределяет фактор риска нарушения деятельности исследуемого пункта.

6. Разработана математическая модель функционирования межгосударственного стыкового пункта, зависящего от технического состояния обслуживаемых грузовых вагонов. Модель позволяет установить связь технического состояния обслуживаемых грузовых вагонов с функционированием межгосударственного стыкового пункта через параметр времени, которое затрачивается на обслуживание, и формируется в соответствии с объемом выполненных на вагоне работ.

7. Создана имитационная модель с запрограммированным алгоритмом оценки процесса обслуживания вагонов межгосударственного сообщения, формирующая нормативные показатели работы пункта.

8. Формируемые показатели работы межгосударственного стыкового пункта как линейного предприятия в режиме реального времени отражают отклонение прогнозируемых нормативов с плановыми заданиями, формируемыми блоком регионального управления. Так, при установленных локальным технологическим процессом параметрах обслуживания вагонов на межгосударственном стыковом пункте было определено отклонение выполнения плановых заданий согласно фактическим данным, которое составляет 27 % для обслуживания вагонов в импортном сообщении и 9 % для обслуживания в экспортном сообщении.

9. При моделировании с сохранением основных параметров межгосударственного стыкового пункта, таких как технологическая вместимость станции,

число путей и оборудования для проведения контрольно-технического осмотра и ремонта без отцепки от состава – определены узкие места: нехватка каналов обслуживания, составляющая 37 %, при заданной интенсивности поступающих заявок под обслуживание. Без увеличения каналов обслуживания продолжительность оценки технического состояния с производением сверки фактической комплектации вагонов с электронными данными будет способствовать росту простоя вагонов под обслуживанием и составлять 33 % от данных при обслуживании в экспортном сообщении.

10. На основании вероятностных характеристик обслуживания вагонов и оцененного ущерба сформирована матрица рисков нарушения функционирования межгосударственного стыкового пункта.

Матрица, формируемая из интенсивностей поступающих заявок и рассчитанных уровнях рисков, распределенных по критериям степени нанесенного ущерба, отражает пределы нормируемых значений, при которых устанавливается предельное значение уровня риска. Уровень предельного значения риска нарушения обслуживания при следующих параметрах: интенсивности поступления заявок в смену $\lambda=1,271$, коэффициента отказа вагонов за сутки - составит 4105 рублей из расчета стандартной стоимости простоя вагона в ожидании обслуживания.

Разработана методика управления рисками на основе комплексной оценки показателей функционирования межгосударственного стыкового пункта. Расчетные значения показателей работы межгосударственного стыкового пункта.

Для предупреждения расхождений фактических показателей с плановыми разработана методика оценки результатов функционирования МГСП одновременно по нескольким показателям.

Результаты отклонений позволяют оценить с помощью рангового механизма уровень отклонений и установить методы воздействия для устранения расхождений в прогнозируемом периоде.

11. Действительные данные, полученные исходя из производственной деятельности, позволили оценить эффективность межгосударственного стыкового пункта. Рассчитанные в соответствии с планом значения нормативных показате-

лей объема проследовавших вагонов через межгосударственные стыковые пункты в импортном сообщении, и оцененные с учетом плановых значениями расходятся с фактическими на 7 %. Результаты расхождения плановых значений с фактическими данными для вагонов экспортного сообщения составили 5 %.

12. Отклонение между плановыми нормативными значениями показателей отцепки вагонов и производственными данными в импортном сообщении составило 31 %. Аналогичное отклонение отцепки вагонов в экспортном сообщении составляет 12 %. Исходя из установленных отклонений определяются граничные интервалы, в которые попадают оценки, разделенные на четыре уровня, отражающие эффективность принимаемых решений.

Перспективы дальнейшей разработки темы включают в себя:

1. Анализ и количественное соотношение поступающих на МГСП разнотипных вагонов.

2. Альтернативная оценка технического состояния различных конструкций вагонов с возможностью расчета и обоснования времени на обслуживание в исследуемом пункте.

3. Разработка практических рекомендаций по совершенствованию деятельности межгосударственного пункта в ходе обслуживания вагонов разных типов и конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абраменко, А. Ю. Совершенствование планирования и оптимизация затрат предприятий вагонного хозяйства по прочим видам деятельности: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 08.00.05 / Абраменко Алексей Юрьевич. – Новосибирск, 2014. – 24 с.
2. Акимов, В. А. Надежность технических систем и техногенный риск / В. А. Акимов, В. Л. Лапин, В. М. Попов. – М.: Деловой экспресс, 2002.
3. Акимов, В. А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах / В. А. Акимов, В. В. Лесных, Н. Н. Радаев. – М.: Деловой экспресс, 2004.
4. Аксенчиков, А. А. Модель взаимодействия технологических каналов как элемент интеллектуальной системы управления на станции передачи вагонов / А. А. Аксенчиков // Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Транспортные системы: тенденции развития» (26–27 сентября 2016 г.). – Гомель: БелГУТ, 2016. – С. 238–241.
5. Аксенчиков, А. А. Влияние затрат времени на операции по обработке поездов, следующих в международном сообщении, на срок доставки груза / А. А. Аксенчиков // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2017. – № 2 (35). – С. 91–94.
6. Аксенчиков, А. А. Значение структуры и функционального взаимодействия подсистем станции передачи вагонов в организации эксплуатационной работы / А. А. Аксенчиков // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2019. – № 1 (38). – С. 73–78.
7. Аксенчиков, А. А. Международная передаточная железнодорожная станция как элемент в транспортно-логистической системе доставки груза / А. А. Аксенчиков // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2014. – № 1 (28). – С. 87–91.

8. Аксенчиков, А. А. Применение инновационных технологий при анализе и планировании эксплуатационной работы на отделении белорусской железной дороги / А. А. Аксенчиков // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2019. – № 2 (39). – С. 77–80.
9. Аксенчиков, А. А. Разработка модели взаимодействия элементов в подсистеме на станции передачи вагонов при выполнении технологических операций / А. А. Аксенчиков // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2016. – № 2 (33). – С. 67–70.
10. Аксенчиков, А. А. Структура и взаимосвязь подсистем, участвующих в обслуживании транспортного потока на станциях передачи вагонов / А. А. Аксенчиков // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2017. – № 1 (34). – С. 71–77.
11. Аксенчиков, А. А. Уменьшение времени нахождения поездов международного сообщения на станциях передачи вагонов / А. А. Аксенчиков // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2007. – № 1–2 (14–15). – С. 63–66.
12. Аксенчиков, А. А. Факторы, влияющие на время, затрачиваемое при обслуживании поездов и вагонов на международных передаточных железнодорожных станциях / А. А. Аксенчиков // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2014. – № 1 (28). – С. 55–57.
13. Аксенчиков, А. А. Экономическая оценка нормативов времени обслуживания транспортного потока на станции передачи вагонов / А. А. Аксенчиков // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2015. – № 2 (31). – С. 73–75.
14. Балабаев, М. А. Когнитивные нечетко-логические модели и комплекс программ оценки техногенно-природных рисков: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.18 / Балабаев Михаил Алексеевич. – Москва, 2007. – 22 с.
15. Бек, У. Общества риска. На пути к другому модерну / У. Бек. – М.: Прогресс-традиция, 2000.

16. Болотин, М. М. Системы автоматизации производства и ремонта вагонов / М. М. Болотин, В. Е. Новиков. – М.: Маршрут, 2004.
17. Брусянин, Д. А. Модель управления рисками сетевой железной дороги / Д. А. Брусянин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2009. – № 1. – С. 4–11.
18. Буткин, М. Г. Комплексная оценка технического состояния грузовых вагонов: дисс. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Буткин Михаил Геннадьевич. – Екатеринбург, 2000. – 214 с.
19. Быков, А. А. Об анализе риска, концепциях и классификации рисков / А. А. Быков, Б. Н. Порфирьев // Проблемы анализа риска. – 2006. – Вып. 4, Т. 3. – С. 212–217.
20. Быков, А. А. Наука и стратегия на службе безопасности. Центру стратегических исследований гражданской защиты МЧС России 10 лет / А. А. Быков; под общ. ред. В. А. Акимова ; МЧС России // Нормирование риска: зарубежные подходы и рекомендации для России. – М.: [б.н.], 2005.
21. Быков, А. А. О предсказании поведения «хвостов» распределений и оценке «ожидаемых непредвиденных» потерь при управлении рисками / А. А. Быков // Проблемы анализа риска. – 2017. – № 6. – С. 50–71.
22. Быкова, А. Г. Имитационное моделирование управления рисками инвестиционных проектов: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.13 / Быкова Александра Георгиевна. – Москва, 2003. – 28 с.
23. Васильев, Е. В. Разработка механизма управления рисками промышленных предприятий на основе методов страховой защиты: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Васильев Евгений Валерьевич. – Москва, 2003. – 20 с.
24. Вентцель, Е. С. Прикладные задачи теории вероятностей / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М.: Радио и связь, 1983. – 416 с.
25. Вентцель, Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М.: Наука; Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991. – 384 с.

26. Вережкина, О. И. О результатах применения методики нормирования рисков на участках Краснодарского и Минераловодского районов управления Северо-Кавказской железной дороги / О. И. Вережкина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 4 (60). – С. 72–79.

27. Вережкина, О. И. Методы оценки показателей процессного подхода к управлению рисками в обеспечении безопасности движения / О. И. Вережкина // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2015. – № 1 (57). – С. 76–81.

28. Вережкина, О. И. О системе оценки рисков в области функциональной безопасности движения поездов движения / О. И. Вережкина // Мир транспорта. – 2017. – № 6 (73), Т. 15. – С. 206–221.

29. Ветухов, Е. А. Перегрузочные станции / Е. А. Ветухов, И. Г. Казовский, А. И. Хохорин. – М.: Транспорт, 1966. – 203 с.

30. Вишняков, Я. Д., Радаев Н. Н. Общая теория рисков / Я. Д. Вишняков, Н. Н. Радаев. – М.: Академия, 2007.

31. Вологодина, Л. Б. Совершенствование системы обеспечения безопасной эксплуатации грузовых вагонов на основе новых информационных технологий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Вологодина Людмила Борисовна. – Москва, 2004. – 24 с.

32. Галкин, А. Г. Модель комплексной транспортной услуги как перспектива развития грузовых перевозок / А. Г. Галкин, В. В. Зубков, Н. Ф. Сирина // Транспорт Урала. – 2018. – № 1 (56). – С. 7–11.

33. Гапанович, В. А. Автоматизация управления высокоскоростным движением поездов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / Гапанович Валентин Александрович. – Москва, 2012. – 24 с.

34. Громов, И. Д. Формирование и оценка организационных сетевых структур с разделенными интересами (на примере холдинга «РЖД»): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.22 / Громов Игорь Дмитриевич. – Екатеринбург, 2015. – 20 с.

35. ГОСТ 27.310–95. Надежность в технике. Анализ видов, последствия и критичности отказов Основные положения. (б.д.).
36. ГОСТ 31539–2012. Цикл жизненный железнодорожного подвижного состава. Термины и определения.
37. ГОСТ 32884—2014 Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт железнодорожного подвижного состава. Термины и определения.
38. ГОСТ Р 51901.13–2005. Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей. (б.д.).
39. ГОСТ Р 51901.15–2005 Менеджмент риска. Применение марковских методов. – 15 с.
40. ГОСТ Р 54505–2011 Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте.
41. ГОСТ Р ИСО/МЭК 16022–2008. Автоматическая идентификация. Кодирование штриховое. Спецификация символики *Data Matrix*.
42. Гурский, Е. П. Оценка эксплуатационной надежности грузовых вагонов и выбор протяженности гарантийного участка / Е. П. Гурский // Вестник ГГТУ им. П. О. Сухого. – 2009. – № 2 . – С. 21–26.
43. Гурский, Е. П. Совершенствование технического обслуживания грузовых вагонов на основе вероятностного анализа их отказов / Е. П. Гурский // Механика. Исследования и инновации. – 2014. – № 10. – С. 48–54.
44. Дементьев, А. П. Методология и практика управления экономическими процессами в сфере ремонта и эксплуатации подвижного состава: дис. ... д-р эконом. наук: 08.00.05 / Дементьев Алексей Петрович. – Новосибирск, 2017. – 356 с.
45. Дождиков, К. В. Создание системы управления рисками в Российских корпорациях (на примере ОАО «Аэрофлот – Российские авиалинии»): дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.10 / Константин Владимирович Дождиков. – Москва, 2003. – 196 с.

46. Евтеев, А. М. Минимизация рисков во внешнеторговой деятельности: структурно-функциональный подход: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.14 / Евтеев Андрей Михайлович. – Ростов-на-Дону, 2006. – 28 с.
47. Егоров, А. Ф. Современное состояние в области анализа, оценки и управления риском при чрезвычайных ситуациях техногенного характера, связанных с авариями на промышленных объектах / А. Ф. Егоров, Т. В. Савицкая, Г. В. Филиппова. – ВИНТИ, 2002.
48. Елохин, А. Н. Анализ и управление риском: теория и практика / А. Н. Елохин. – 2-е изд. – М.: ПолиМедиа, 2002. – 192 с.
49. Залавский, Н. И. Повышение качества технического обслуживания грузовых поездов / Н. И. Залавский // Железнодорожный транспорт. – 2006. – № 9. – С. 19–22.
50. Замышляев, А. М. Прикладные информационные системы управления надежностью, безопасностью, рисками и ресурсами на железнодорожном транспорте / А. М. Замышляев. – Ульяновск: Печатный двор, 2013. – 143 с.
51. Золотов, В. А. Экономические методы управления рисками при транспортном обслуживании : дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Золотов Владимир Александрович. – Москва, 2002. – 164 с.
52. Зубков, В. В. Совершенствование системы управления на регионе железной дороги: автореферат дис. ... канд. техн. наук: 05.02.22 / Зубков Валерий Валерьевич. – Екатеринбург, 2016. – 16 с.
53. Зыков, Ю. В. Управлять техническим состоянием вагонного парка / Ю. В. Зыков // Железнодорожный транспорт. – 2001. – № 1. – С. 41–45.
54. Иванов, А. А. Методические основы разработки системы управления техническим состоянием вагонов: учеб. пособие / А. А. Иванов и др.; под ред. П. А. Устича. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2015. – 662 с.
55. Ивашов, В. А. Исследование в опытных составах / В. А. Ивашов. – 1996.

56. Камаретдинова, Г. А. Анализ методов оценки процесса технического обслуживания вагонов на межгосударственном стыковом пункте / Г. А. Камаретдинова // Постулат. – 2019. – № 3 (41). – С. 40–45.

57. Камаретдинова, Г. А. Верификация модели организации технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте в условиях риска / Г. А. Камаретдинова // Наука и образование транспорту. – 2019. – № 1. – С. 33–36.

58. Камаретдинова, Г. А. Вероятностная модель технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте в условиях риска отказа / Г. А. Камаретдинова // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 4 (76). – С. 64–72.

59. Камаретдинова, Г. А. Математическое моделирование организации технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте в условиях риска // Сборник статей «Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России»; Международная научно-практическая конференция, посвященная 90-летию Ростовского государственного университета путей сообщения. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2019. – С. 109–113.

60. Камаретдинова, Г. А. Понятие риска и его классификации на межгосударственном пункте технической передачи / Г. А. Камаретдинова // Проблемы эффективного использования научного потенциала общества: сб. статей Международ. науч.-практ. конф. – Уфа: [б.н.], 2017. – С. 50–52.

61. Камаретдинова, Г. А. Риск отцепок контрафактных узлов и деталей на межгосударственном пункте технической передачи вагонов / Г. А. Камаретдинова // Проблемы эффективного использования научного потенциала общества»: сб. статей Международной научно-практической конференции: в 2 частях. – 2017. – С. 52–55.

62. Камаретдинова, Г. А. Минимизация риска отказов грузовых вагонов в процессе технического обслуживания на межгосударственном стыковом пункте / Г. А. Камаретдинова, Н. Ф. Сирина // Труды Ростовского государственного уни-

верситета путей сообщения: сб. науч. трудов РГУПС. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2019. – Вып. 4 (49). – С. 105–108

63. Камаретдинова, Г. А. Автоматизированная система анализа технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте (АСА МГСП) / Г. А. Камаретдинова, Н. Ф. Сирина // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019665259, Российская Федерация, государственная регистрация в Реестре программ для ЭВМ 11 ноября 2019 г.

64. Камаретдинова, Г. А. Автоматизированная система контроля технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте (АСК МГСП) / Г. А. Камаретдинова, Н. Ф. Сирина // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019663410, Российская Федерация, государственная регистрация в Реестре программ для ЭВМ 16 октября 2019 г.

65. Камаретдинова, Г. А. Программа имитационного моделирования процесса технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте (ПИМ ПТО ГВ МГСП) / Г. А. Камаретдинова, Н. Ф. Сирина // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2020610967, Российская Федерация, государственная регистрация в Реестре программ для ЭВМ 22 января 2020 г.

66. Камаретдинова, Г. А. Анализ технического состояния грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте / Г. А. Камаретдинова, А. Ю. Волкова // Инновационный транспорт. – 2019. – № 2 (32). – С. 42–46.

67. Камаретдинова, Г. А. Вероятностная модель отказов грузовых вагонов в процессе технического обслуживания на МГСП в условиях риска / Г. А. Камаретдинова, Н. Ф. Сирина // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России: труды Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Ростовского государственного университета путей сообщения. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2019. – С. 109–113.

68. Камаретдинова, Г. А. Модель управления рисками на межгосударственном стыковом пункте / Г. А. Камаретдинова, Н. Ф. Сирина // Безопасность

жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: материалы XIII Международной научно-практической конференции / под ред. С. Г. Костюк. – Кемерово: КГТУ, 2019. – С. 112 - 1 – 112 - 7.

69. Камаретдинова, Г. А. Аналитическая модель функционирования межгосударственного стыкового пункта / Г. А. Камаретдинова, Н. Ф. Сирина // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты. Материалы XIV Научно-технической конференции. – 2019. – С. 267–269.

70. Камаретдинова, Г. А. Аналитическая модель функционирования межгосударственного стыкового пункта в условиях риска / Г. А. Камаретдинова, Н. Ф. Сирина // Вестник УрГУПС. – 2019. – № 3 (43). – С. 67–77.

71. Камаретдинова, Г. А. Классификация рисков при техническом обслуживании вагонов на межгосударственных стыковых пунктах / Г. А. Камаретдинова, Н. Ф. Сирина // Транспорт Урала. – 2018. – № 4 (59). – С. 58–62.

72. Каплан, Р. С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Р. С. Каплан, Д. П. Нортон; пер. с англ. – М., 2005.

73. Классификатор основных неисправностей грузовых вагонов (К ЖА 2005 04). 2005.

74. Кожевников, Ю. В. Теория вероятностей и математическая статистика / Ю. В. Кожевников. – [б.м.] : Машиностроение, 2002.

75. Кокс, Д. Теория восстановления / Д. Кокс, В. Смит. – [б.м.]: Сов. радио, 1967. – 299 с.

76. Кондрашин, А. В. Автоматизированная система управления рисками пожарной опасности (на примере северо-западного региона): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 / Кондрашин Алексей Викторович. – Санкт-Петербург, 2007. – 23 с.

77. Коновалова, Е. А. Механизм оценки рисков в современных производственных системах: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Коновалова Елена Александровна. – Сургут, 2011. – 23 с.

78. Коновалова, Е. А. Классификация рисков нефтедобывающих организаций / Е. А. Коновалова // Актуальные вопросы современной экономики: теория

и практика: материалы международной научно-практической конференции (31 мая 2011 г.); отв. ред. Л. А. Тягунова. – Саратов: Академия Бизнеса, 2011. – С. 141–145.

79. Косенков, В. В. Формирование механизма управления рисками в производственных предпринимательских структурах: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Косенков Владимир Викторович. – Санкт-Петербург, 2004. – 20 с.

80. Костина, О. Н. Территориальные риски в экономике региона: анализ, оценка и управление: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Костина Ольга Николаевна. – Ставрополь, 2009. – 23 с.

81. Кузьмин, Б. И. Методика оценки и управления техногенными рисками предприятий газового комплекса региона: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Кузьмин Борис Игоревич. – Владимир, 2008. – 24 с.

82. Кузьминова, Н. В. Совершенствование управления рисками на промышленных предприятиях в условиях рынка: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Кузьминова Надежда Валерьевна. – Владимир, 2004. – 24 с.

83. Лапшин, В. Ф. Основы технического обслуживания вагонов: учеб. пособие / В. Ф. Лапшин, М. В. Орлов. – Екатеринбург: УрГУПС, 2006. – 375 с.

84. Ли, Х. С. Повышение безопасности движения грузовых поездов на основе мониторинга технического состояния тележки 18-100: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ли Хын Себ. – Омск, 2005. – 20 с.

85. Линченко, В. Н. Ремонтная техника для ПТО / В. Н. Линченко, М. В. Орлов, Г. Г. Незговорова // Железнодорожный транспорт. – 1986. – № 5. – С. 31–33.

86. Лхамжавын, Болд. Разработка и обоснование сроков службы и системы технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов (на примере полувагонов Улан-Баторской железной дороги): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Лхамжавын Болд. – Москва, 2009. – 24 с.

87. Мажидов, Ф. А. Оценка остаточного срока службы грузового вагона с учетом его технического состояния: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Мажидов Фируз Абдувахобович. – Москва, 2016. – 162 с.
88. Мартынюк, Н. Г. Этапы разработки и становления АСУ вагонным хозяйством / Н. Г. Мартынюк. – М.: ЦНИИТЭИ МПС, 1997. – 51 с.
89. Махутов, Н. А. Безопасность России. Анализ рисков и управление безопасностью / Н. А. Махутов, К. Б. Пуликовский, С. К. Шойгу; МГОФ «Знание». – 2008.
90. Митрофанов С. А., Галкин А. Г. Применение теории рисков для совершенствования показателей качества содержания контактной сети // Инновационный транспорт. – 2015. – № 1 (15). – С. 66–70.
91. Морчиладзе, И. Г. Модификация конструкции и технического обслуживания вагона-цистерны в условиях транспортной компании: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Морчиладзе Илья Геронтьевич. – Санкт-Петербург, 2004. – 28 с.
92. Налабордин, Д. Г. Оценка влияния уровня надежности и безопасности грузовых вагонов на параметры системы их технического обслуживания и ремонта: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Налабордин Денис Геннадьевич. — Чита, 2015. – 209 с.
93. Нестеров, В. Л. Риск чрезвычайных происшествий с учетом распределения причинных событий во времени / В. Л. Нестеров, В. И. Радченко, Е. А. Русакова // Транспорт: наука, техника, управление. – 2009. – № 8. – С. 23–26.
94. Новиков, Д. А. Теория управления организационными системами / Д. А. Новиков. – М.: МПСИ, 2005. – 583 с.
95. Павлюков А. Э. Оценка влияния величин износа основных узлов грузовых вагонов на безопасность движения / А. Э. Павлюков, О. В. Черепов // Транспорт Урала. – 2013. – № 2 (37). – С. 20–27.
96. Переездчиков, И. В. Анализ опасностей промышленных систем человек–машина–среда и основы защиты / И. В. Переездчиков. – М.: Кнорус, 2014.

97. Петров, С. В. Методы обоснования нормативов межремонтной наработки грузовых вагонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Петров Сергей Владимирович. – Москва, 2013. – 24 с.

98. Пирогова, И. Н. Математические модели: методические указания / И. Н. Пирогова, П. П. Скачков. – Екатеринбург: УрГУПС, 2009. – 44 с.

99. Протокол семидесятого заседания Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (14–15 мая 2019 года г. Хельсинки).

100. Протокол семьдесят второго заседания Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (16.06.2020 года, проведено в режиме заочного рассмотрения).

101. Протокол семьдесят первого заседания Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (15–16 октября 2019 года г. Минск).

102. Протокол шестьдесят восьмого заседания Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (17–18 мая 2018 года г. Бишкек).

103. Протокол шестьдесят девятого заседания Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества (18–19 октября 2018 года г. Москва).

104. Пряников, С. А. Повышение надежности автосцепного устройства грузовых вагонов на основе совершенствования контроля технического состояния пружинно-фрикционных поглощающих аппаратов при ремонте: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Пряников Сергей Александрович. – Екатеринбург, 2008. – 22 с.

105. Райков, Г. В. Описание алгоритма выявления и устранения в учете повторяющейся нумерации колесных пар, боковых рам и надрессорных балок тележек грузовых вагонов / Г. В. Райков // Актуальные вопросы развития железнодорожного транспорта: материалы Всероссийской научно-практической конферен-

ции к 75-летию аспирантуры Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2019. – С. 82–92.

106. Райков, Г. В. Метод оценки показателей ремонтпригодности грузовых вагонов / Г. В. Райков, С. В. Петров // Вестник ВНИИЖТ. – 2015. – № 4. – С. 39–44.

107. Райков, Г. В. Концепция автоматизированной системы управления вагонным хозяйством / Г. В. Райков, Н. Г. Мартынюк, В. Я. Телишевская // Сер.: Вагоны и вагонное хозяйство. Ремонт вагонов. – ОИ/ЦНИИТЭИ МПС. – 2003. – Вып. 2–3. – С. 61–68.

108. Рахмангулов, А. Н. Методологические основы организации функционирования железнодорожных промышленных транспортно-технологических систем: автореф. дис. ... д-р техн. наук: 05.22.01 / Рахмангулов Александр Нельевич. – Москва, 2013. – 48 с.

109. Речкунова, О. В. Формирование нормативной базы бюджетов прямых затрат технического обслуживания вагонов: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Речкунова Ольга Владимировна. – Новосибирск, 2008. – 24 с.

110. Русакова, Е. А. Совершенствование моделей управления рисками при содержании транспортной инфраструктуры: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.22 / Русакова Елена Александровна. – Екатеринбург, 2014. – 20 с.

111. Савченко, М. А. Расчетное обоснование протяженности гарантийного участка пункта технического обслуживания с учетом оценки технического состояния тормозной системы грузовых вагонов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Савченко Мария Александровна. – Москва, 2019. – 24 с.

112. Сай, В. М. Организационные структуры как мультиоператорные сети. Задачи прочности и устойчивости / В. М. Сай, С. В. Сизый // Транспорт Урала. – 2009. – № 2 (21). – С. 5–9.

113. Сай, В. М. Формирование организационных структур управления: научная монография / В. М. Сай. – М.: ВИНТИ РАН, 2002. – 437 с.

114. Сирина, Н. Ф. Механизмы функционирования вагонного хозяйства: монография / Н. Ф. Сирина, В. В. Цыганов. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2010. – 188 с.
115. Сирина, Н. Ф. Адаптивная организация вагоноремонтного комплекса / Н. Ф. Сирина, В. В. Цыганов. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2008. – 152 с.
116. Сирина, Н. Ф. Механизмы функционирования вагонного хозяйства: монография / Н. Ф. Сирина, В. В. Цыганов. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2010. – 188 с.
117. Сирина, Н. Ф. Методологические основы формирования адаптивных механизмов организации вагоноремонтного комплекса: автореф. дис. ... д-р техн. наук: 05.02.22 / Сирина Нина Фридриховна. – Екатеринбург, 2009. – 46 с.
118. Сирина, Н. Ф. Оценка влияния конструкции и технического состояния вагона на интенсивность изнашивания гребней колес: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Сирина Нина Фридриховна. – Екатеринбург, 1997. – 27 с.
119. Степанов, Н. С. Пути снижения хозяйственных рисков предприятий лесной промышленности (механизм страхования): автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Степанов Николай Сергеевич. – Москва, 2004. – 24 с.
120. Сухов, Ф. И. Развитие методов оценки безопасности и анализа риска подвижного состава: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Сухов Филипп Игоревич. – Москва, 2008. – 22 с.
121. Третьяков, А. В. Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации: автореф. дис. ... д-р техн. наук: 05.22.07 / Третьяков Александр Владимирович. – Санкт-Петербург, 2004. – 56 с.
122. Устич, П. А. Концепция интеллектуального управления / П. А. Устич, А. А. Иванов, В. Б. Митюхин // Мир транспорта. – 2008. – № 3. – С. 4–11.
123. Устич, П. А. Управление транспортом на основе математического управления / П. А. Устич // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 7. – С. 39–42.

124. Устич, П. А. Оценка остаточного срока службы составной части вагона с учетом управляемого риска ее отказа / П. А. Устич, А. А. Иванов, М. А. Кузнецов // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 12 . – С. 56–59.

125. Устич, П. А. Работоспособность и надежность грузового вагона: автореф. дис. ... д-р техн. наук: 05.22.07 / Устич Петр Андреевич. – Москва, 1992. – 43 с.

126. Шабалин, Н. Г. Принципы организации системы управления техническим состоянием инфраструктуры железнодорожного транспорта для обеспечения безопасности движения поездов: автореф. дис. ... д-р техн. наук: 05.22.01 / Шабалин Николай Григорьевич. – Новосибирск, 2004. – 40 с.

127. Шерех, А. А. Управление риском в активном проектировании: автореф. дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Шерех Артем Александрович. – Казань, 2004. – 28 с.

128. Шикина, Д. И. Оптимизация нормативного срока службы и системы технического обслуживания и ремонта вагона с учетом качества его ремонтов (на примере полувагона): автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Шикина Дарьяна Игоревна. – Москва, 2012. – 24 с.

129. Юшков, М. Е. Организация использования инфраструктуры малодетальных железнодорожных линий на основе интегральной оценки их деятельности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.22 / Юшков Михаил Евгеньевич. – Екатеринбург, 2015. – 15 с.

Приложение А. Результаты расчетов оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта

Таблица А1 – Вероятности состояний вагонов при различных интенсивностях отказов, выявленных при техническом обслуживании

Число вагонов	λ , интенсивность отказа	μ , интенсивность восстановления	Вероятности состояний МГСП		
			исправные	неисправные	неработоспособные
20	0,15	0,11	0,0119	0,1416	0,0119
25	0,2	0,18	0,04	0,2389	0,04
30	0,25	0,2	0,0756	0,3007	0,0756
35	0,3	0,21	0,1118	0,3337	0,1118
40	0,35	0,28	0,1437	0,3431	0,1437
45	0,40	0,34	0,1673	0,3329	0,1673
50	0,45	0,39	0,1797	0,3065	0,1797
55	0,5	0,44	0,1416	0,3337	0,8454
60	0,55	0,49	0,2389	0,3431	0,7131
65	0,6	0,52	0,3007	0,3329	0,5984
70	0,65	0,58	0,3337	0,3065	0,4981
75	0,7	0,64	0,3431	0,1118	0,4097
80	0,75	0,68	0,3329	0,1437	0,3312
85	0,8	0,7	0,3065	0,1673	0,2614

Приложение Б. Результаты расчетов оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта

Таблица Б1 – Показатели работы межгосударственного пункта

Кол-во составов	λ	$P_{отк}$	Q	A	K_z	R_0	Z_{sys}	T_{sys}	T_0
3	0,25	0	1	0,25	0,1675	0,0012	0,1687	0,6747	0,0047
6	0,5	0	1	0,5	0,335	0,0097	0,3447	0,6893	0,0193
9	0,75	0	1	0,75	0,5025	0,0339	0,5364	0,7151	0,0451
12	1	0	1	1	0,67	0,0847	0,7547	0,7547	0,0847
15	1,25	0,0001	0,9999	1,2499	0,8375	0,1777	1,0151	0,8121	0,1421
18	1,5	0,0003	0,9997	1,4995	1,0047	0,3358	1,3405	0,8936	0,2239
21	1,75	0,0015	0,9985	1,7474	1,1708	0,5915	1,7623	1,007	0,338

Таблица Б2 – Результаты вероятностной оценки работы пункта при различных интенсивностях подачи составов под техническое обслуживание вагонов

Число составов /смену	λ , сост/час	Результаты моделирования работы МГСП											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	0,25	0,8454	0,1416	0,0119	0,001	0,0001	0	0	0	0	0	0	0
6	0,5	0,7131	0,2389	0,04	0,0067	0,0011	0,0002	0	0	0	0	0	0
9	0,75	0,5984	0,3007	0,0756	0,019	0,0048	0,0012	0,0003	0,0001	0	0	0	0
12	1	0,4981	0,3337	0,1118	0,0375	0,0125	0,0042	0,0014	0,0005	0,0002	0,0001	0	0
15	1,25	0,4097	0,3431	0,1437	0,0602	0,0252	0,0106	0,0044	0,0019	0,0008	0,0003	0,0001	0,0001
18	1,5	0,3312	0,3329	0,1673	0,0841	0,0422	0,0212	0,0107	0,0054	0,0027	0,0014	0,0007	0,0003
21	1,75	0,2614	0,3065	0,1797	0,1053	0,0617	0,0362	0,0212	0,0124	0,0073	0,0043	0,0025	0,0015

Таблица Б3 – Матрица рисков результатов проведения технического обслуживания на межгосударственном стыковом пункте

Параметры модели МГСП (стратегии)	Сочетание вероятности и ущерба на МГСП при заданных параметрах обслуживания						Суммарный риск K_B	Риск со средним критерием оптимизации R_{optcp}	Риск с максимальным критерием оптимизации R_{optmax}	Риск с минимальным критерием оптимизации R_{optmin}
	C_{n1}, P_1	C_{n2}, P_2	C_{n3}, P_3	C_{n4}, P_4	C_{n5}, P_5	C_{n6}, P_6				
0,25	319	26,775	2,25	0,225	0	0	45,43	45,434655	347,85	3,820905
0,5	538	90	15,08	2,475	0,45	0	132,1	132,1185375	645,525	22,097385
0,75	677	170,1	42,75	10,8	2,7	0,675	217,2	217,173195	903,6	54,539325
1	751	251,55	84,38	28,125	9,45	3,15	282,2	282,2333175	1127,475	94,00509
1,25	772	323,325	135,5	56,7	23,85	9,9	321,2	321,205725	1321,2	132,097995
1,5	749	376,425	189,2	94,95	47,7	24,075	333,5	333,51588	1481,4	159,64218
1,75	690	404,325	236,9	138,83	81,45	47,7	321,5	321,5007	1598,85	168,546825

Таблица Б4 – Результаты оценки работы пункта, вкладка «обслуживание составов с наличием неисправных грузовых вагонов»

№ опыта	№ состава	Путь	Состояние ТО	Вагоны	Бригада	ННР	Время прибытия	Время на ТО	Время отправления	Продолжительность
1	Состав 2	1	Обслужен	42	ОВР1	1	00:48:20	00:05:21	00:55:20	00:42:40
2	Состав 1	2	Обслужен	70	ОВР1	3	00:51:50	00:10:38	01:06:10	00:50:50
3	Состав 2	3	Простой	84		2	–	–	–	–
4	Состав 1	4	Простой	46		3	–	–	–	–
5	Состав 2	1	Обслужен	3	ОВР1	0	01:34:30	00:03:39	06:45:10	05:34:40
6	Состав 1	5	Обслужен	20	ОВР1	0	01:40:20	00:53:14	06:41:10	05:38:20
7	Состав 2	2	Обслужен	44	ОВР1	1	01:28:10	01:49:29	03:19:10	02:13:10
8	Состав 1	3	Обслужен	17	ОВР1	0	01:41:30	00:42:47	04:02:10	02:58:20
9	Состав 2	4	Обслужен	41	ОВР1	2	02:17:30	01:45:14	05:47:40	04:34:30
10	Состав 1	2	Обслужен	46	ОВР1	2	03:55:40	02:04:02	08:49:30	05:25:10

Приложение В. Результаты комплексной оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта

Таблица В1 – Результаты количественной оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта

№ периода	Вагонов проследовало через МГСП						Вагонов отцеплено по МГСП					
	Импорт			Экспорт			Импорт			Экспорт		
	y_t	x_t	e_t	y_t	x_t	e_t	y_t	x_t	e_t	y_t	x_t	e_t
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1058	1041	0	650	640	0,0162	22	18	-0,1111	6	5	0,2
2	1322	1301	0,0162	813	800	0,0162	25	29	0,0162	7	8	-0,125
3	881	1057	-0,1662	542	650	-0,1662	18	25	-0,1662	5	7	-0,2857
4	1058	1106	-0,0436	650	680	-0,0436	11	18	-0,0436	3	5	-0,4
5	1322	1187	0,11364	813	730	0,11364	18	15	0,11364	5	4	0,25
6	881	1041	-0,1532	542	640	-0,1532	7	15	-0,1532	2	4	-0,5
7	1058	1041	0,0162	650	640	0,0162	7	11	0,0162	2	3	-0,3333
8	1058	1024	0,03233	650	630	0,03233	18	15	0,03233	5	4	0,25
9	881	976	-0,0967	542	600	-0,0967	11	22	-0,0967	3	6	-0,5
10	1322	1057	0,25071	813	650	0,25071	22	18	0,25071	6	5	0,2
11	1322	1041	0,27025	813	640	0,27025	25	29	0,27025	7	8	-0,125
12	1322	1015	0,30282	813	624	0,30282	22	15	0,30282	6	4	0,5
13	1058	1008	0,04898	650	620	0,04898	18	25	0,04898	5	7	-0,2857
14	881	976	-0,0967	542	600	-0,0967	18	33	-0,0967	5	9	-0,4444
15	1058	1041	0,0162	650	640	0,0162	11	18	0,0162	3	5	-0,4
16	881	1024	-0,1397	542	630	-0,1397	29	29	-0,1397	8	8	0
17	1058	1041	0,0162	650	640	0,0162	25	18	0,0162	7	5	0,4
18	1322	1089	0,21337	813	670	0,21337	25	18	0,21337	7	5	0,4
19	1322	1089	0,21337	813	670	0,21337	25	18	0,21337	7	5	0,4

Таблица В1 – Результаты количественной оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	1322	1057	0,25071	813	650	0,25071	29	33	0,25071	8	9	-0,1111
21	1322	1041	0,27025	813	640	0,27025	29	18	0,27025	8	5	0,6
22	881	976	-0,0967	542	600	-0,0967	25	29	-0,0967	7	8	-0,125
23	1058	1008	0,04898	650	620	0,04898	18	18	0,04898	5	5	0
24	881	976	-0,0967	542	600	-0,0967	18	11	-0,0967	5	3	0,66667
25	1322	1089	0,21337	813	670	0,21337	25	29	0,21337	7	8	-0,125
26	1058	1041	0,0162	650	640	0,0162	18	18	0,0162	5	5	0
27	881	976	-0,0967	542	600	-0,0967	18	15	-0,0967	5	4	0,25
28	1058	1041	0,0162	650	640	0,0162	22	18	0,0162	6	5	0,2
29	1058	1041	0,0162	650	640	0,0162	25	25	0,0162	7	7	0
30	1322	1089	0,21337	813	670	0,21337	25	33	0,21337	7	9	-0,2222
31	1057	1041	0,01563	650	640	0,01563	18	25	0,01563	5	7	-0,2857

Таблица В2 – Результаты ранговой оценки деятельности МГСП

№ периода	Ранг обслуживания вагонов в импортном сообщении, r_i			Ранг обслуживания вагонов в экспортном сообщении, r_i			Общий ранг, r_i
	ИС	ЭС	локальный	ИС	ЭС	локальный	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	2	2	1	1	1	1
2	2	2	2	2	1	1	1
3	1	2	1	3	4	4	4
4	3	2	2	3	3	3	2
5	1	2	1	2	2	2	2
6	2	3	2	1	3	2	1
7	3	3	3	2	2	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8
8	1	3	1	2	3	2	1
9	1	3	1	3	3	3	2
10	3	3	3	3	2	2	2
11	4	3	4	3	4	4	3
12	2	3	2	2	2	2	2
13	1	2	4	4	2	3	4
14	1	2	2	2	3	2	2
15	3	2	2	3	3	3	2
16	4	2	2	3	3	3	3
17	4	3	4	3	3	3	3
18	4	2	3	2	2	2	2
19	4	3	4	3	2	2	3
20	4	2	3	4	2	3	3
21	2	3	2	2	3	2	2
22	3	3	3	3	3	3	3
23	4	2	3	4	2	3	3
24	2	2	2	2	2	2	2
25	3	2	2	3	2	2	2
26	3	2	2	3	2	2	2
27	3	3	3	3	3	3	3
28	4	3	4	4	3	4	4
29	2	2	2	2	2	2	2
30	2	2	2	2	2	2	2

**Приложение Г. Свидетельства о регистрации программных продуктов
по теме диссертационного исследования**

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019663410

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ГРУЗОВЫХ
ВАГОНОВ НА МЕЖГОСУДАРСТВЕННОМ СТЫКОВОМ
ПУНКТЕ (АСК ТО МГСП)**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Уральский
государственный университет путей сообщения» (RU)*

Автор(ы): *Камаретдинова Гузаль Арсеновна (RU),
Сирина Нина Фридриховна (RU)*

Заявка № **2019662528**

Дата поступления **10 октября 2019 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **16 октября 2019 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Иванов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2019665259

Автоматизированная система анализа технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте (АСА ТО МГСП)

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (RU)*

Авторы: *Камаретдинова Гузаль Арсеновна (RU),
Сирина Нина Фридриховна (RU)*



Заявка № 2019664217

Дата поступления 11 ноября 2019 г.

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ 21 ноября 2019 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020610967

Программа имитационного моделирования процесса
технического обслуживания грузовых вагонов на
межгосударственном стыковом пункте (ПИМ ПТО ГВ
МГСП)

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Уральский
государственный университет путей сообщения» (RU)*

Авторы: *Камаретдинова Гузаль Арсеновна (RU),
Сирина Нина Фридриховна (RU)*

Заявка № 2020610116

Дата поступления 09 января 2020 г.

Дата государственной регистрации
в Реестре программ для ЭВМ 22 января 2020 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



**Приложение Д. Акт внедрения результатов использования модели
и программных продуктов, разработанных в диссертационной работе**



ЕКАТЕРИНБУРГСКИЙ ФИЛИАЛ

Куйбышева ул., 44, г. Екатеринбург, 620026
Тел.: +7 (343) 380-71-44, факс: +7 (343) 380-69-38
E-mail: ekb@railfgk.ru, http://www.railfgk.ru

« _____ » _____ 20 _____ г. № _____

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора филиала
по вагонному хозяйству

А.Г. Зиньковский

М.П.

«10» сентября 2020 г.



АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы
Камаретдиновой Гузаль Арсеновны

Комиссия в составе: председатель начальник производственно-технического отдела (СВЕРД) Департамента производственной инфраструктуры Московского представительства АО «ФГК» Д. Л. Русин, технолог производственно-технического отдела (СВЕРД) Департамента производственной инфраструктуры Московского представительства АО «ФГК» А. П. Епанчинцев, специалист второй категории производственно-технического отдела (СВЕРД) Департамента производственной инфраструктуры Московского представительства АО «ФГК» Д. Е. Селин составили настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы «Организация технического обслуживания грузовых вагонов в условиях рисков на межгосударственном стыковом пункте», представленной на соискание ученой степени, использованы при разработке механизмов производственно-хозяйственной деятельности в виде:

1. Обоснована схема формирования вероятностной оценки деятельности по обслуживанию вагонов, курсирующих в межгосударственном сообщении, на основе автоматизируемости и количественном характере оценки технических параметров, комплексности настройки нормативов оценивания и норм ранжирования показателей производственной и организационно-технической деятельности на цели производства и учета перспективы, текущей согласованности с существующей практикой.

2. Предложенная организация работы по обслуживанию грузовых вагонов межгосударственного сообщения с помощью автоматизируемой системы прогнозирования и оценки деятельности «Программа имитационного моделирования технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте» актуально влияет в

разрабатываемую Интеллектуальную транспортную систему РФ, упорядочивает взаимоотношения между исполнителем и заказчиком при аутсорсинге, упрощает документооборот и усиливает контроль за фактическим выполнением требуемых работ при отчете.

Использование перечисленных разработок позволяет повысить эффективность управления предприятием до 3,82 % за счет внутривидовой организованности, нарастить производительность технического обслуживания за счет постоянного контроля и регулирования деятельности на основе адаптации компании к внешним и внутренним изменениям, улучшить качество предоставляемых услуг, достоверность передачи данных и обоснованность решений принимаемых при управлении АО «ФГК».

Председатель комиссии  Д.Л.Русин

Члены комиссии:  А.П. Епанчинцев

 Д.Е. Селин