



КАМАРЕТДИНОВА Гузаль Арсеновна

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

05.02.22 – Организация производства (транспорт, технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2020

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО УрГУПС)

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ: доктор технических наук, профессор кафедры «Вагоны», проректор по учебной работе и связям с производством Уральского государственного университета путей сообщения **Сирина Нина Фридриховна**.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ:

Рахмангулов Александр Нельевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», профессор кафедры «Логистика и управление транспортными системами»,

Веревкина Ольга Ивановна, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой».

ВЕДУЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ: акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО ВНИИЖТ), Научный центр «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения» (НЦ «ЦМПЭ»).


Защита диссертации состоится «25» декабря 2020 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета Д218.013.02 при Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, ауд. Б2-15.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Уральского государственного университета путей сообщения и на сайте www.usurt.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2020 г.

Отзыв на автореферат в 2-х экземплярах, заверенный печатью организации, просим отправлять в адрес диссертационного совета университета.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор технических наук



Сирина Нина Фридриховна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Высокие показатели железнодорожного транспорта в области международных грузоперевозок отражают эффективные взаимоотношения между РФ и государствами-участниками содружества. Такими показателями служат объемы 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 подразделений вагонного хозяйства, в рамках технического обслуживания на межгосударственных стыковых пунктах (МГСП).

Процесс обслуживания вагонов подвержен воздействию негативных факторов, один из таких факторов поступление неисправных вагонов, имеющих в конструкции неравноценно замененные узлы и детали. Отказ вагонов в процессе эксплуатации носит вероятностный характер, в целях предупреждения таких событий, следует проводить постоянный контроль и оценку технического состояния. События такого характера снижают производительность и отрицательно сказываются на показателях работы; другими словами, имеется влияние технических рисков. Возникает потребность в исследовании природы рисков, связанных с производственными показателями межгосударственного стыкового пункта, не изученными ранее. Результаты исследований позволят рационально управлять техническими рисками, тем самым повышая эффективное функционирование пунктов.

Степень разработанности темы исследования. Исследования проблем функционирования и совершенствования производственных процессов технического обслуживания грузовых вагонов проводились научными коллективами ВНИИЖТ, МИИТ, УрГУПС, РГУПС, ПГУПС, ИрГУПС, СамГУПС, ОмГУПС, БелГУТ. Важнейший вклад в решение этих проблем внесли известные ученые Е. П. Гурский, А. П. Дементьев, Ли Хын Себ, Лхамжавын Болд, Ф.А. Мажидов, И. Г. Морчиладзе, Д. Г. Налабордин, С. В. Петров, Г. В. Райков, А. Н. Рахмангулов, М. А. Савченко, Н.Ф. Сирина, П. А. Устич, Д. И. Шикина, Н. Г. Шабалин.

Результаты исследований в области оценки вероятностных переходов и управления рисками изучены в работах следующих отечественных и зарубежных ученых: Быков, А. Г. Быкова, Е. В. Васильев., О.И. Веревкина, А. М. Евтеев., В. А. Золотов, Д. Кокс, А. В. Кондрашин, Е. А. Коновалова, В. В. Косенков, О. Н. Костина, Б. И. Кузьмин, Е. А. Русакова, В. Смит и др. Результаты анализа литературных источников в области рисков показывают, что наиболее проработан этот вопрос в финансовой и страховой сферах.

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

В диссертации предложены научные основы организации управления рисками в процессе технического обслуживания грузовых вагонов 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 технического состояния грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте и разработать классификацию технических рисков.

2. Разработать математическую модель технического обслуживания грузовых вагонов, позволяющую оценить влияние параметров технического состояния грузовых вагонов.

3. Разработать имитационную модель организации технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте с формированием показателей функционирования в условиях риска выявления 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.

Предметом исследования является анализ рисков, влияющих на процесс технического обслуживания грузовых вагонов и их оценка.

Методология и методы исследования. В ходе научного исследования использовались общепризнанные положения в следующих научных теориях: рисков, систем, графов, вероятностей, марковских процессов, в том числе системы массового обслуживания и сбалансированных показателей.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Предложена классификация рисков, возникающих в процессе технического обслуживания грузовых вагонов, изучено их влияние на качество функционирования межгосударственного стыкового пункта.

2. Установлена математическая связь, отражающая влияние риска отказа технического состояния вагона на параметры функционирования межгосударственного стыкового пункта и управление рисками отказов.

3. Разработана математическая модель технического обслуживания грузовых вагонов, позволяющая оценить влияние параметров технического состояния грузовых вагонов.

4. Разработана имитационная модель организации технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте с формированием матрицы рисков.

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

Теоретическая и практическая значимость работы:

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 влияния риска выявления неисправного вагона на показатели работы межгосударственного стыкового пункта.

Положения, выносимые на защиту:

1. Классификация технических рисков, возникающих в процессе обслуживания грузовых вагонов, и их влияние на качество функционирования межгосударственного стыкового пункта.

2. Математическая модель технического обслуживания грузовых вагонов, позволяющая оценить влияние параметров технического состояния грузовых вагонов.

3. Имитационная модель организации технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте 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 с обоснованием применения признанных и апробированных теорий и методов, достоверность полученных математических и имитационных моделей результатам расчетов.

Апробация результатов исследования. Основные положения, результаты и выводы диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научно-практических и научно-технических конференциях: XIV Международной конференции «Подвижной состав XXI в.: идеи, требования, проекты» (ПГУПС, Санкт-Петербург, 2019 г.); Международной научно-практической конференции «Перспективы развития локомотиво-, вагоностроения и технологии обслуживания подвижного состава» (РГУПС, Ростов-на-Дону, 2019 г.); XII Международной научно-практической конференции «Наука и образование транспорту» (СамГУПС, Самара, 2019 г.); XIII международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах» (КузГТУ, Кузбасс, 2019 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 десять научных работ, в том числе три научные статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Пять работ опубликованы без соавторства. Получены три свидетельства о государственной регистрации программ ЭВМ.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, описана степень разработанности, поставлены цель и задачи, сформулированы положения научной новизны, теоретической и практической значимости результатов научно-исследовательской работы, описана методология и методы, используемые в диссертации, определены положения, выносимые на защиту, приведена информация о степени достоверности и апробации результатов.

В первой главе выполнен анализ результатов исследований организации технического обслуживания и состояния грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте. За исправное техническое состояние грузовых вагонов, пересекающих государственные границы, отвечают сотрудники специализированных подразделений вагонного хозяйства – межгосударственных стыковых пунктов. Эффективность функционирования пункта во многом зависит от таких показателей, как объем принятых и сданных в сопредельные государства грузовых вагонов в груженом и порожнем состояниях. Особое внимание уделяется отцепкам вагонов с неисправными конструктивными элементами; например, в 2019 г. по сравнению с предыдущим годом из-за технической неисправности на государственных стыках между Россией и Латвийской Республикой количество отцепок увеличилось в 6,7 раза, Республикой Таджикистан – в 3,1 раза, Республикой Беларусь – в 2,3 раза, с Литовской Республикой – на 56 %. Отцепки вагонов в экспортном сообщении составили 10 %. Таким образом, технические неисправности вагонов – это актуальная составляющая организации международных грузовых перевозок, подверженная влиянию рисков событий.

Следовательно, возникает необходимость в определении уровня риска отказов грузовых вагонов и их влияния на функционирование межгосударственных стыковых пунктов. Для этого введем понятие «риск» и дадим оптимальное к организации технического обслуживания грузовых вагонов определение этому термину. Риск – это произведение вероятности возникновения неблагоприятного события на количественную меру ущерба, убытков, понесенных организацией. В качестве вероятностных событий обозначены ситуации отказа, нарушения технического состояния или обслуживания вагонов, в качестве ущерба подразумеваются материально-технические потери организациями, производящими работы по обслуживанию и содержанию вагонов. Технические риски являются основным видом рисков при ремонте и обслуживании грузовых вагонов.

Для системного исследования и идентификации риска важно создать разграничение рисков по степени их реализации, месту возникновения и уровню возможных ущербов. Классификация технических рисков, состоящая из критериев,

определяющих факторы риска нарушения организации производственной деятельности межгосударственного стыкового пункта, представлена на рисунке 1.

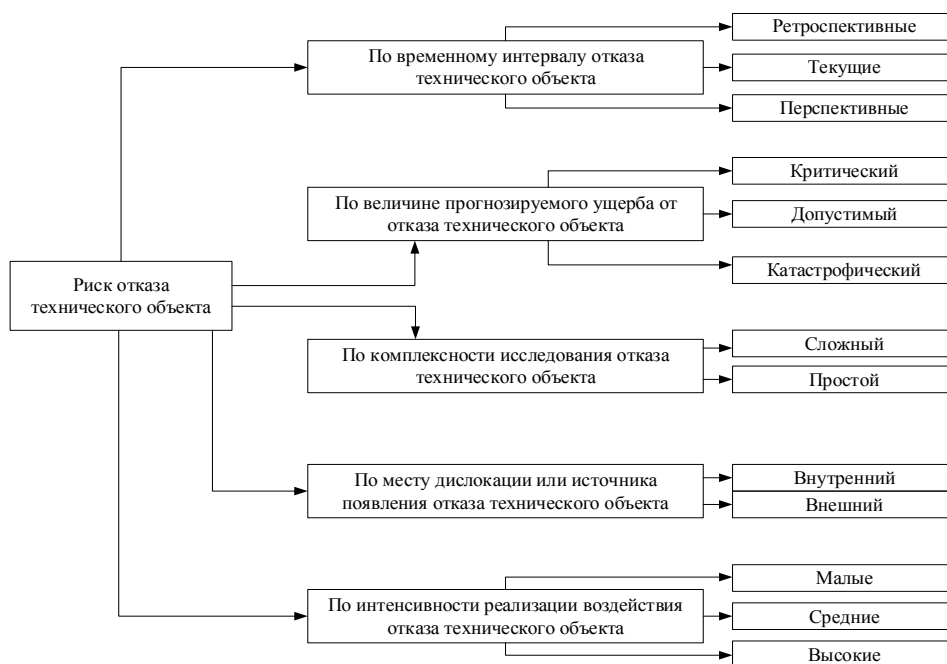


Рисунок 1 – Классификационная схема критериев технического риска

На рисунке 1 изображены уровни реализации каждого из критериев технического риска. Представленная классификационная схема может дополняться по мере возникновения новых критериев технического риска.

Анализ методов управления рисками показывает, что подробно составленная классификационная схема служит первым этапом в эффективном регулировании уровней рисков. Предложены методы оценки и управления рисками, влияющими на техническое обслуживание грузовых вагонов.

По результатам анализа технического состояния вагонов и установления связи рисков с техническим состоянием вагонов возникает необходимость в выборе рационального метода оценки риска в производственно-техническом процессе организации обслуживания грузовых вагонов; важно разработать оценочный механизм, направленный на численную оценку вероятностей переходных процессов вагонов между состояниями и функционированием межгосударственного стыкового пункта.

Во второй главе проведена разработка математической модели технического обслуживания грузовых вагонов.

Исследованы основные предпосылки и направления разработки математической модели технического обслуживания вагонов, дан анализ известных методов оценок рисков в производственной деятельности. Риск рассчитывается при наличии результатов численных значений вероятности появления нежелательного события и количественного показателя ущерба.

Математическая формализация риска нарушения функционирования межгосударственного стыкового пункта выглядит следующим образом. Произведение

функции надежности, определяемой, как вероятность $P(t)$ пребывания траектории (τ) в допустимой области Ω_0 на отрезке времени $[0, t]$ перехода в результате эксплуатационных перевозок, грузового вагона (узла, детали) из состояния, подлежащего эксплуатации, в состояние, угрожающее безопасности движения (неработоспособное/неисправное), на материально-технический ущерб σ_0 функционированию пункта:

$$R(t) = P\{X(\tau) \in [0, t]\} \cdot \sigma_0. \quad (1)$$

Межгосударственный стыковой пункт 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 межгосударственного стыкового пункта, а вагоны – как отдельные объекты, имеющие свои технические характеристики.

Известно, что в результате проведения технического обслуживания может быть выявлено одно из трех технических состояний грузового вагона: исправное работоспособное $J_z(0)$, неисправное работоспособное $J_z(1)$, неисправное неработоспособное $J_z(2)$. Технические ресурсы неисправного неработоспособного вагона восстанавливают на текущем отцепочном ремонте. В рамках технического обслуживания на межгосударственном пункте работы, совершаемые с вагонами, производятся при наличии одного из двух состояний: $J_z(0)$, $J_z(1)$ (рисунок 2).

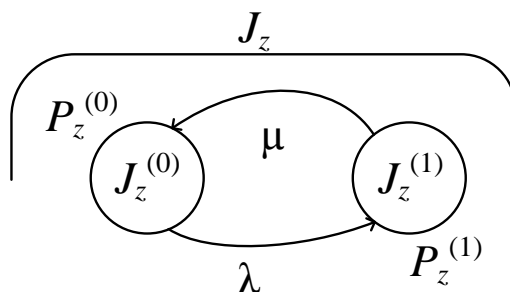


Рисунок 2 – Граф состояний грузового вагона в составе на межгосударственном стыковом пункте: $J_z(0)$ – исправное работоспособное; $J_z(1)$ – неисправное работоспособное, восстанавливаемое безотцепочным ремонтом; λ_z – интенсивность отказов; μ_z – интенсивность восстановления вагонов; $P_z(i)$ – вероятность перехода вагона в различные состояния

Исходя из рисунка 2 формализовано математическое представление грузового вагона в системе межгосударственного стыкового пункта.

Техническое обслуживание производится для нескольких групп грузовых вагонов, для расчета вероятности перехода между состояниями функционирования пункта используется теория массового обслуживания, где вагон в составе – это объект системы, состав является подсистемой межгосударственного пункта, а сам пункт – это система, в которой производятся контроль, технический осмотр и восстановление ресурсов вагонов безотцепочным ремонтом в составах.

На основе метода псевдосостояний рассмотрим в качестве системы состав с вагонами, а в качестве объектов подсистемы – вагоны, интенсивности перехода

между которыми зависят от предела количества затрачиваемого времени перехода между вагонами к общему времени обслуживания одного состава с грузовыми вагонами. Тогда на основе этого метода представим процесс технического обслуживания с поглощением одного состава с грузовыми вагонами как граф с псевдостоянием S_k (рисунок 3).

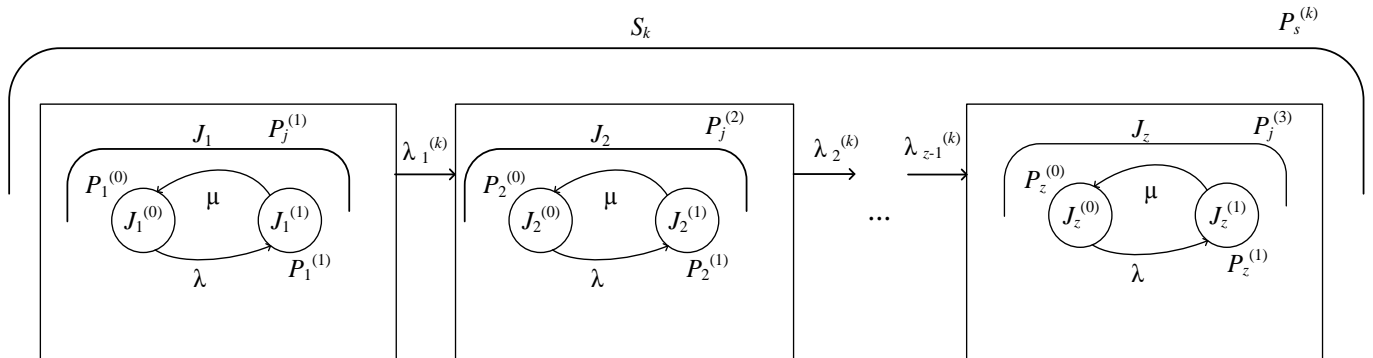


Рисунок 3 – Граф процесса технического обслуживания вагонов с поглощением

Все формализовано-логические и математические построения будут выполнены для двух бригад осмотрщиков-ремонтников вагонов. Следовательно, на основании принятых данных можно составить систему алгебраических уравнений для представленного на рисунке 3 графа состояний состава с вагонами.

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

$$p_0 = \frac{1/a}{\left(\sum_{m=0}^{n-1} \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 + \sum_{j=0}^{l-1} \frac{\alpha^j}{j!} + \frac{\alpha^l}{l!} \right) \cdot \frac{1-a}{a}}, \quad (2)$$

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

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

$$p_l = \frac{\alpha^l / (a \cdot l!)}{\left(\sum_{m=0}^n \frac{\alpha^m}{m!} + \frac{\alpha^n}{n!} p_0 + \sum_{j=0}^{l-1} \frac{\alpha^j}{j!} + \frac{\alpha^l}{l!} \right) \cdot \frac{1-a}{a}} = \frac{\frac{1}{a} P(l, \alpha)}{R(l, \alpha) + P(l, \alpha) \cdot \frac{1-a}{a}}. \quad (3)$$

Очевидно, что у системы S с псевдостояниями будет стационарный режим. Исходя из системы алгебраических уравнений для предельных вероятностей, соответствующих графу состояний (рисунок 3), мы нашли вероятности $p_0, p_1, \dots, p_m, \dots$ пребывания составов S в состояниях $s_0, s_1, \dots, s_m, \dots$ ($p_m = P \{ S = s_m \}, m = 0, 1, 2, \dots$). Разработана математическая модель организации технического обслуживания состава с грузовыми вагонами на пункте. Вероятности простоя состава с ограниченным количеством вагонов в нем в сочетании со стоимостью эксплуатации вагона

позволят количественно оценить, насколько увеличивается риск простоя вагонов на пункте.

В третьей главе разработана имитационная модель организации технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте. Произведена верификация модели технического обслуживания грузовых вагонов и на основе полученных вероятностей состояний рассчитаны риски нарушения функционирования МГСП. По результатам экспериментальных исследований зарегистрированы авторские свидетельства программ ЭВМ.

Обоснованы показатели работы межгосударственного стыкового пункта. Пропускная способность как составляющая показателей работы межгосударственного стыкового пункта зависит от качества проведенного технического обслуживания. Характеристиками показателя пропускной способности межгосударственного пункта служат данные о вероятностях $P_u(t)$ переходов между состояниями системы и продолжительностях t_u пребывания системы в состояниях, отражающих информацию о наличии под техническим обслуживанием грузовых составов в системе, их простое в ожидании обслуживания, а также занятых и простаивающих бригад осмотрщиков-ремонтников вагонов. Исследуемый на пункте процесс обслуживания грузовых вагонов имеет многоканальную структуру с наличием входящих и выходящих потоков однородных событий, появляющихся одно за другим в случайные моменты времени. Параметрами, влияющими на функционирование межгосударственного стыкового пункта, являются интенсивность подачи заявок на обслуживание составов с грузовыми вагонами на путь $\lambda_{\text{МГСП}}$ и интенсивность обслуживания заявок $\mu_{\text{МГСП}}$.

Система U межгосударственного стыкового пункта, в которой вероятность перехода между состояниями зависит от эффективности производимого обслуживания составов с вагонами, в том числе и от интенсивности поступления составов для проведения работ по контролю и восстановлению технического состояния вагонов, вероятности простоя вагонов в ожидании обслуживания, можно представить в виде графа состояний (рисунок 4).

Моделирование не зависит от длины очереди, следовательно, предполагается обслуживание без потерь. В результате преобразования систем алгебраических уравнений найдем вероятности переходов между состояниями системы МГСП $p_0, p_1, \dots, p_{m+n}, \dots$ для соответствующих состояний системы $U, u_0, u_1, \dots, u_{m+n}, \dots$ ($p_{m+n} = P\{U = u_{m+n}\}, m = 0, 1, 2, \dots; n = 2$).

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 (таблица 1).

Разработана имитационная модель 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 опе-

раций. Процесс моделирования делится на два цикла: а) техническое обслуживание без ожидания очереди и б) техническое обслуживание с ожиданием очереди.

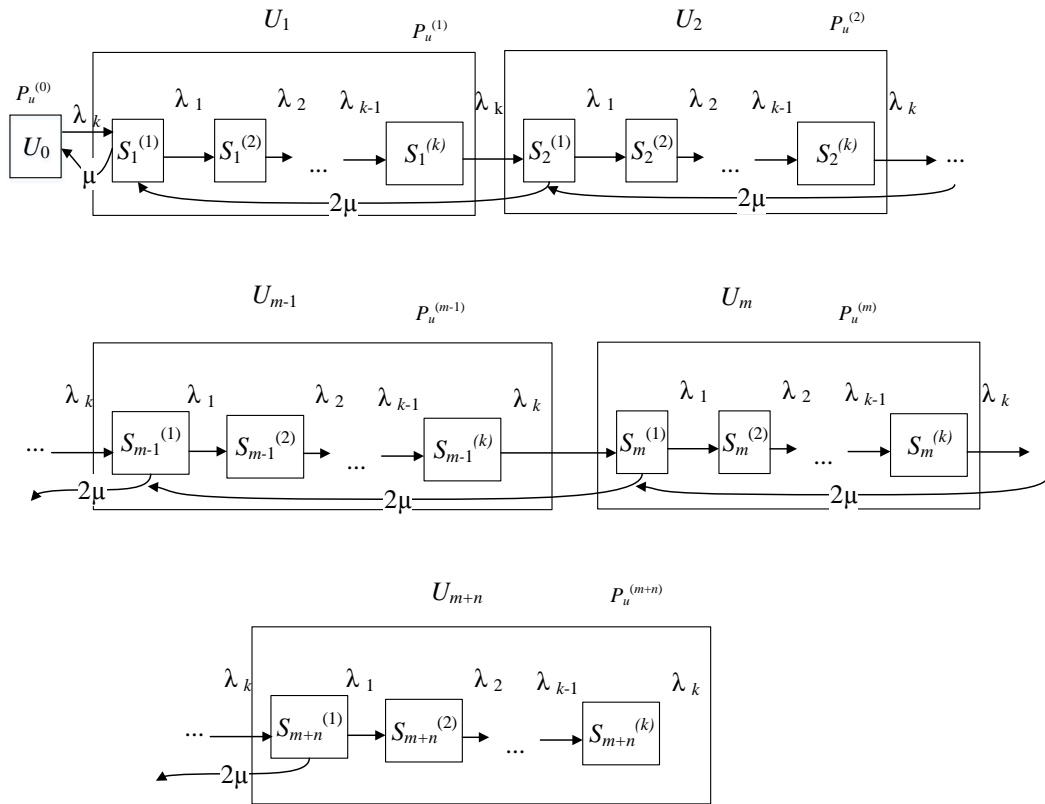


Рисунок 4 – Граф псевдосостояния функционирования межгосударственного стыкового пункта: U_0 – МГСП свободен; U_1 – один состав обслуживается одной бригадой ОРВ, очереди нет; U_2 – два состава обслуживаются двумя бригадами ОРВ, очереди нет; U_{m+n} – состояние МГСП при котором; S_{m+n} – $m+n$ предельное количество составов в очереди

Таблица 1 – Показатели эффективности функционирования МГСП

Показатели работы	Формулы
Оценка относительной пропускной способности межгосударственного стыкового пункта	$Q = 1 - p_{n+m}$
Абсолютная пропускная способность межгосударственного стыкового пункта	$A = \lambda(1 - p_{n+m})$
Вероятность отказа в техническом обслуживании	$P_{отк} = p_{n+m}$
Среднее значение грузовых составов, находящихся под техническим обслуживанием	$k = \rho(1 - p_{n+m})$
Загруженность бригад	$K_z = A \cdot t_{обсл}$
Среднее число составов на межгосударственном стыковом пункте	$\bar{r} = \frac{p^{n+1} p_0}{n \cdot n!} \frac{1 - (m+1)\kappa^m + m\kappa^{m+1}}{(1 - \kappa)^2}$
Количество составов с вагонами, пребывающими под техническим обслуживанием	$\bar{z} = \bar{r} + \bar{k}$
Время пребывания грузовых составов под обслуживанием и время в ожидании очереди для обслуживания	$\bar{t}_{оч} = \frac{r}{\lambda}; \bar{t}_{сист} = \frac{z}{\lambda}$

Согласно полученным вероятностным оценкам обслуживания вагонов МГСП, построены графики, отражающие поведение МГСП при заданных входных параметрах (рисунок 5).

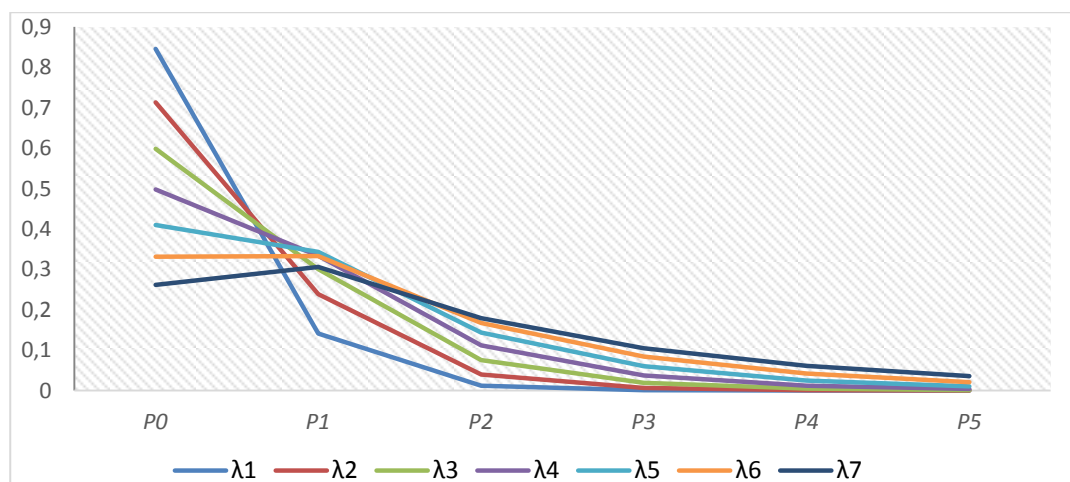


Рисунок 5 – График распределения вероятностей состояний технического обслуживания на межгосударственном стыковом пункте

Полученные вероятностные характеристики позволяют составить в сочетании с численными данными об ущербах табличное представление соотношения рисков для определения оптимального предела задаваемых параметров процесса обслуживания вагонов для эффективного функционирования МГСП.

Предложено использование матрицы рисков, в которой заданные параметры технического обслуживания – это стратегии. Распределение по уровням рисков нарушения функционирования межгосударственного пункта отображено в таблице 2.

Таблица 2 – Матрица уровней рисков функционирования МГСП

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

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

Подобное представление позволяет установить допустимые уровни рисков, определить значения, при которых функционирование является эффективным;

функционирующим на пределе своих возможностей; приносящим убытки из-за низких показателей работы и, следовательно, нанесения материального урона.

В четвертой главе разработана методика управления рисками на межгосударственном стыковом пункте. Процесс управления рисками на межгосударственном стыковом пункте направлен на предупреждение отказов и неисправностей грузовых вагонов, выявляемых в процессе технического обслуживания и влияющих на общее функционирование предприятия. Разработан алгоритм управления рисками в организационно-техническом процессе обслуживания на межгосударственном стыковом пункте.

Произведена интегральная оценка показателей организации технического обслуживания вагонов межгосударственного стыкового пункта. Количественная оценка в производственной деятельности определяется на основе статистической отчетности по обслуживанию грузовых вагонов, проследовавших из ОАО «РЖД» в сопредельные государства и прибывающих обратно, а также количественных показателей отцепки неисправных вагонов (рисунок 6).

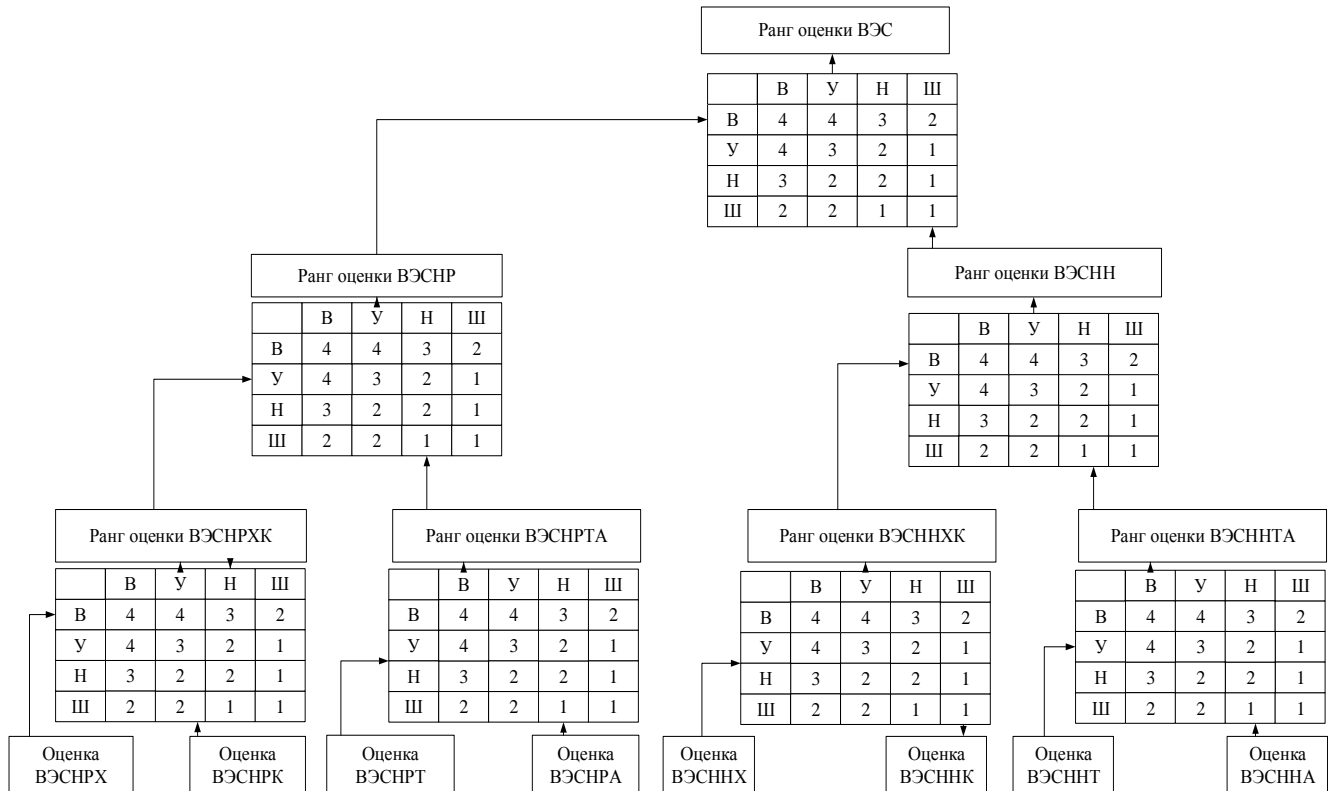


Рисунок 6 – Структурная схема ранга оценки обслуживания вагонов в экспортном сообщении
 ВЭСНРХК – неисправные работоспособные вагоны по ходовым частям и кузову экспортного сообщения; ВЭСННТ – неисправные неработоспособные вагоны по тормозной системе и автосцепным устройствам экспортного сообщения; Уровни оценок: В – высшая, У – удовлетворительная, Н – неудовлетворительная, Ш – штрафная

Результаты итоговой количественной оценки деятельности межгосударственного стыкового пункта ложатся в основу управления рисками, влияющими на снижение производительности предприятия (рисунок 7).

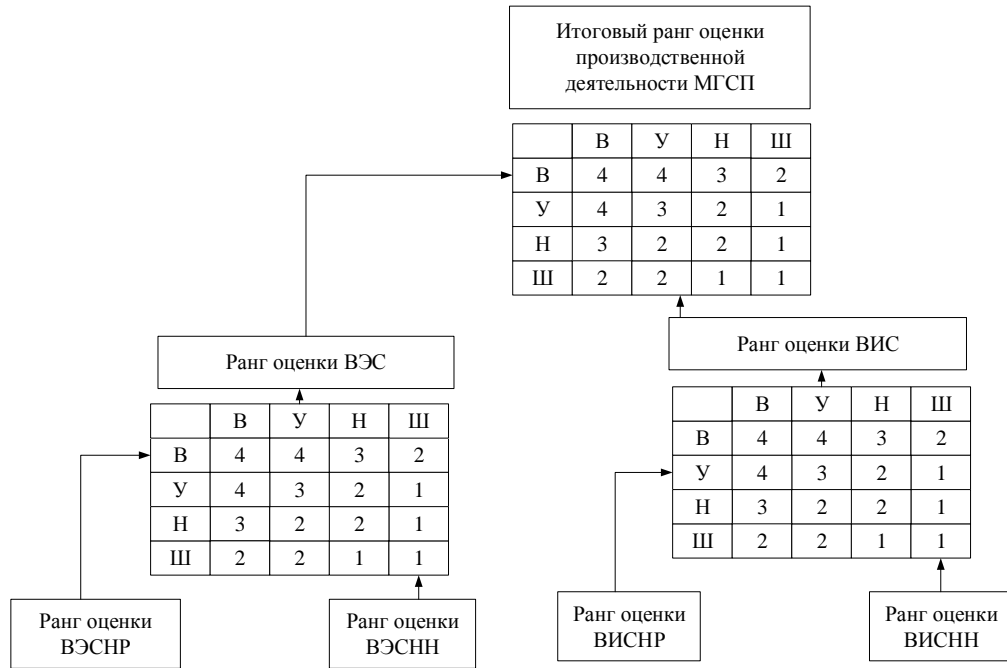


Рисунок 7 – Структурная схема количественной оценки производственной деятельности МГСП
ВИС – вагоны импортного сообщения; ВЭС – вагоны экспортного сообщения

Получены результаты исследований, сформированные в результате моделирования работы межгосударственного стыкового пункта. 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 матрицу свертки (МС).

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 технического обслуживания вагонов на МГСП) показатели работы, отражающие эффективное функционирование. Показатели y_t формируются обработкой первичной информации, поступающей в рамках производственной отчетности. В блоке f^0 фактический показатель сопоставляется с нормативным и определяется соответствующая количественная оценка.

Фактические данные и норматив – результат расчета показателя приема грузовых вагонов по МГСП представлены на рисунке 8.

Из числа проследовавших вагонов (вторая группа показателей работы МГСП) относят количество отцепленных по техническим неисправностям вагонов (рисунок 8, а–в). Оценочная система (рисунок 8, г–д) соответствует тем же критериям, что и показатели объема проследовавших через МГСП вагонов. Но, в отличие от вышеуказанного показателя, большую ответственность за качество отцеп-

ленных вагонов несут осмотрщики вагонов, за отдельные виды неисправностей при высоких показателях работы отдельные осмотрщики вагонов премируются.

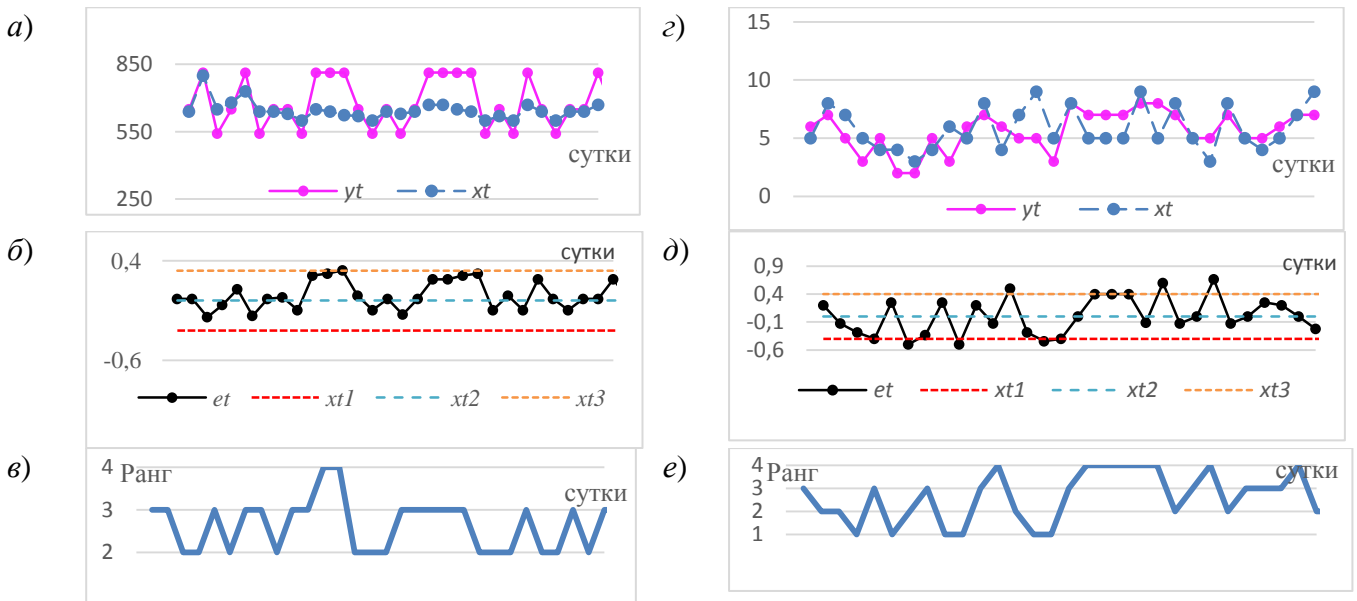


Рисунок 8 – График выполнения показателя и норматив оценивания деятельности МГСП по числу обслуженных и отцепленных вагонов на МГСП

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; *г* – график выполнения показателя и норматив его оценивания по отцепке вагонов на МГСП; *д* – оценка показателя отцепки вагонов; *е* – ранг оценки показателя отцепки вагонов

В рамках использования автоматизированной программы имитационного моделирования, можно изменяя параметры обслуживания вагонов выполнить прогнозную оценку деятельности пункта. Ранги промежуточных и итоговой оценки количественных показателей работы МГСП изображены на рисунке 9.

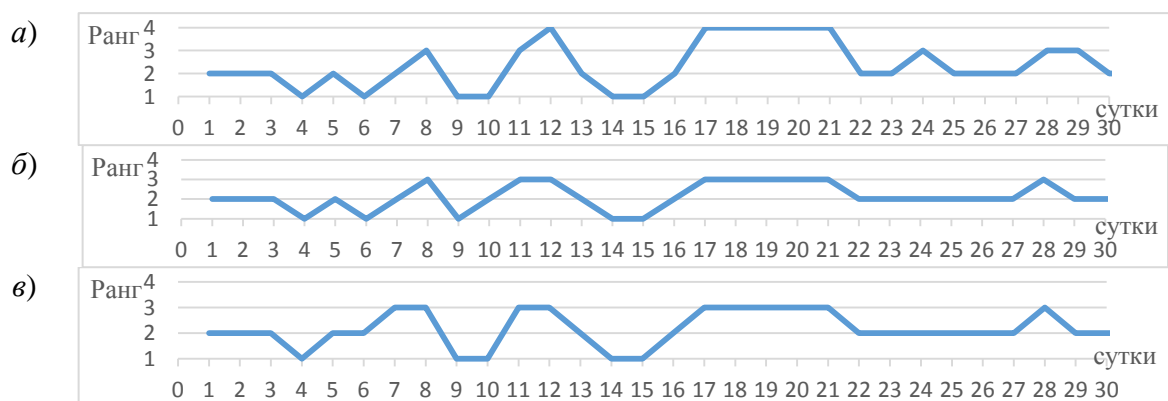


Рисунок 9 – Ранг выполнения показателей обслуживания и отцепки вагонов

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

По результатам сравнения фактических показателей работы с моделируемыми (рисунок 8, 9) видны расхождения, вследствие чего наблюдаются скачки в ранговых оценках, что влияет на общую картину эффективности рассматриваемого МГСП. Данная оценочная система позволяет наблюдать за изменениями в работе МГСП, в частности, в организации технического обслуживания с определением узких мест, при заданных входных параметрах.

Таким образом, полученная расчетно-обоснованная база, позволяет формировать рекомендации по совершенствованию организации технического обслуживания вагонов и созданию эффективных управленческих решений улучшения деятельности межгосударственного стыкового пункта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Исследовано состояние обслуживаемых на межгосударственном стыковом пункте вагонов, которые показали, что наиболее подвержены риску отказа грузовые вагоны, ремонт которых произведен на территории сопредельных государств, – их отцепка производилась в пять раз чаще, чем вагонов экспортного сообщения. Проведен численный анализ отцепок из-за неисправности вагонов с некорректными данными по трафарету на узлах и деталях вагона. 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 – 29 %, неисправности деталей тормозных систем – 11 %, неисправности деталей автосцепных устройств – 17 %. Пропуск таких вагонов ведет к риску нарушения безопасности железнодорожных грузоперевозок на территории страны. Следовательно, возложенный на МГСП контроль и устранение таких событий приводит к необходимости оценивать уровень воздействия факторов риска с математической точки зрения и рассчитать данные согласно существующим критериям риска.

Основные результаты исследования заключаются в следующем:

1. Дано определение понятию «технический риск», который характеризуется, как мера вероятностных переходов объектов системы межгосударственного 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 для формирования теоретических знаний о параметрах, участвующих в формировании постановки задачи исследований.

2. Предложена классификация рисков, возникающих в процессе технического обслуживания грузовых вагонов, изучено влияние рисков на качество функционирования межгосударственного стыкового пункта. Установлен технический объект, в котором учитывается влияние параметров технического состояния конструктивных элементов грузовых вагонов, что предопределяет фактор риска нарушения функционирования межгосударственного стыкового пункта в процессе технического обслуживания.

3. 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 параметры времени, затрачиваемого на обслуживание; такая модель формируется исходя из времени интенсивности обслуживания составов с вагонами.

4. Разработана имитационная модель оценки характеристик технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте с формированием матрицы рисков. Имитационная модель позволяет отследить поведение функционирования межгосударственного пункта при заданных параметрах обслуживания.

Формируемые показатели работы межгосударственного стыкового пункта как линейного предприятия в реальном 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 определено отклонение выполнения плановых заданий согласно фактическим данным, которое составляет 27 % для обслуживания вагонов в импортном сообщении и 9 % – в экспортном. При моделировании с сохранением основных параметров межгосударственного стыкового пункта, как технологическая вместимость станции, число путей и оборудования для проведения контрольно-технического осмотра и ремонта без отцепки от состава, определены узкие места, такие как 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.

5. 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 уровней рисков, распределенных по критериям степени нанесенного ущерба, отражает пределы нормируемых значений, при которых устанавливается предельное значение уровня риска. Этот уровень составляет при $\lambda = 1,271$ поступления заявок в смену и коэффициент отказа вагонов $5,3 \times 10^{-3}$ за сутки, уровень предельных значений риска нарушения об-

служивания составит 4105 руб., из расчета стандартной стоимости простоя вагона в ожидании обслуживания.

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

Для предупреждения расхождений фактических показателей с плановыми разработана методика оценки результатов функционирования МГСП одновременно по нескольким показателям. Результаты отклонений позволяют с помощью рангового механизма оценить уровень отклонений и установить методы воздействия для устранения расхождений в прогнозируемом периоде.

7. Сравнительная оценка действительных значений, полученных исходя из производственной деятельности и нормативных (плановых) значений, полученных в результате моделирования, позволила определить эффективность работы межгосударственного стыкового пункта. Сформированные нормативные значения показателей, проследовавших вагонов через межгосударственные стыковые пункты в импортном сообщении, расходятся с фактическими на 7 %. Аналогичная оценка расхождений нормативных и фактических показателей числа вагонов, проследовавших через межгосударственные стыки в экспортном сообщении, составляет 5 %.

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. Оценка влияния на характер организации технического обслуживания разнотипных грузовых вагонов.
3. Совершенствование организации ТО за счет внедрения информационных «микросхем» в основные узлы и детали для отслеживания места дислокации и оценки жизненного цикла вагонов.

Основное содержание диссертации изложено в следующих публикациях

Статьи в периодических научных изданиях, включенных ВАК в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук:

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

2. **Камаретдинова, Г.А.** Аналитическая модель функционирования межгосударственного стыкового пункта в условиях риска / Н.Ф. Сирина, Г.А. Камаретдинова // Вестник УрГУПС. – 2019. – № 3 (43). – С. 67–78.

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

Научные публикации в прочих изданиях:

4. **Камаретдинова, Г.А.** Модель управления рисками на межгосударственном стыковом пункте / Г.А. Камаретдинова / [Электронный ресурс]. В сб.: Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: М-лы XIII Международн. научн. - практ. конф. / под редакцией С.Г. Костюк. Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. Кемерово – 2019. С. 112-1 – 112-7. Режим доступа: https://elibrary.ru/download/elibrary_41473556_87368142.pdf

5. **Камаретдинова, Г.А.** Аналитическая модель функционирования межгосударственного стыкового пункта / Н.Ф. Сирина, Г.А. Камаретдинова / В сб.: Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : м-лы XIV Международн. научн.-техн. конф. Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. Санкт-Петербург. 2019. – С. 267–269.

6. **Камаретдинова, Г.А.** Математическое моделирование организации технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте в условиях риска / Г.А. Камаретдинова / В сб.: Прогрессивные технологии в транспортных системах : м-лы XIV Международн. научн.-практ. конф. – Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». Оренбургский государственный университет. Оренбург. – 2019. – С. 562–569.

7. **Камаретдинова, Г.А.** Имитационная модель технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте в условиях риска отказов / Н.Ф. Сирина, Г.А. Камаретдинова / В сб.: Актуальные проблемы эксплуатации и ремонта наземных транспортных средств : труды Всероссийск. научн.-практ. конф. Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов-на-Дону. – 2020. – С. 53-56.

8. **Камаретдинова, Г.А.** Вероятностная модель отказов грузовых вагонов в процессе технического обслуживания на МГСП в условиях риска / Н.Ф. Сирина, Г.А. Камаретдинова / В сб.: Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк-2019) : труды Международн. научн.-практ. конф., посв. 90-летию Ростовского государственного университета путей сообщения. Ростовский государственный университет путей сообщения. Ростов-на-Дону. – 2019. – С. 109–113.

9. **Камаретдинова, Г.А.** Верификация модели организации технического обслуживания грузовых вагонов на межгосударственном стыковом пункте в усло-

виях риска / Г.А. Камаретдинова // Наука и образование – транспорту. – 2019. – № 1. С. 33–36.

10. **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.

11. **Камаретдинова, Г.А.** Минимизация риска отказов грузовых вагонов в процессе технического обслуживания на межгосударственном стыковом пункте / Н.Ф. Сирина, Г.А. Камаретдинова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 4 (49). – С. 105–108.

Результаты исследования реализованы в компьютерных программах:

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

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

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

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА

Основные положения и результаты исследований получены автором самостоятельно. Личный вклад автора в работах, опубликованных в соавторстве, заключается в следующем: [1, 3–8, 10, 12, 13] – формализация и выделение рисков нарушения функционирования межгосударственного стыкового пункта, связанных с параметрами технического состояния грузовых вагонов и другими особенностями выполняемых работниками ОАО «РЖД» функций; разработка алгоритма технического обслуживания вагонов, оценка технических рисков с построением матрицы риска.

Подписано в печать 12.10.2020. Формат 60×84 1/16

Усл. печ. л. 1,2. Заказ 32 Тираж 100 экз.

УрГУПС, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66