На правах рукописи

Жарикова Лариса Сергеевна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ПРОСТОЯ ВАГОНОВ НА СТАНЦИЯХ В УВЯЗКЕ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ СРОКА ДОСТАВКИ

05.22.08 – Управление процессами перевозок
(технические науки)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО СГУПС)

Научный руководитель: доктор технических наук, доцент
Бессоненко Сергей Анатольевич

Официальные оппоненты:
Осьминин Александр Трофимович, доктор технических наук, профессор, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта», и.о. заведующего отделением «Перспективное развитие сети железных дорог и целевые программы» (АО «ВНИИЖТ»)
Пермикин Вадим Юрьевич, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения», доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» (ФГБОУ ВО УрГУПС)

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО РГУПС)

Защита состоится «30» сентября 2016 года в 14 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 218.013.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66, ауд. Б2-15 – зал диссертационных советов.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения». Адрес сайта, на котором размещена диссертация и автореферат: http://www.usurt.ru

Автореферат диссертации разослан «12» июля 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета  Тимухина Елена Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Переход к рыночным условиям экономики обусловливает для железнодорожного транспорта необходимость предоставления клиентам более качественных услуг по перевозке грузов. Одним из главных требований грузовладельцев в настоящее время является своевременность доставки грузов. В данных условиях наиболее важной становится четкая и эффективная организация перевозочной работы железнодорожного транспорта с учетом взаимосвязи его основных технологических составляющих: графика движения поездов (ГДП), плана формирования грузовых поездов (ПФП), технологических процессов работы станций.

Актуальность исследуемой проблемы определяется необходимостью повышения конкурентоспособности железных дорог путем гарантированной доставки грузов в установленные сроки и посредством минимизации расходов ОАО «РЖД», связанных с выплатой штрафов грузовладельцам за просрочку доставки грузов.

Степень разработанности темы исследования. Вопросы исследования элементов простоя вагонов на станциях, сроков доставки грузов железнодорожным транспортом, применения принципов логистики, а также совершенствования эксплуатационной работы рассмотрены в трудах М.А. Аветикяна, В.М. Акулиничева, А.Э. Александрова, Е.В. Архангельского, А.Ф. Бородина, К.В. Буяновой, А.Н. Вдовина, В.С. Волкова, В.Н. Зубкова, Н.М. Иваницкого, В.И. Ковалева, П.А. Козлова, А.В. Комарова, В.С. Лукинского, М.Е. Мандрикова, Д.А. Мачерета, В.А. Кудрявцева, В.И. Некрашевича, В.М. Николашина, А.Т. Осьминина, А.И. Сметанина, Е.А. Сотникова, И.Б. Сотникова, Е.М. Тишкина, Л.П. Тулупова, И.Н. Шапкина, В.А Шарова, К.П. Шенфельда и других исследователей.

В современных условиях при расчете срока доставки определяющим элементом является расстояние перевозки и в недостаточной степени учитывается влияние таких факторов, как количество переработок и простой вагона на технических станциях в пути следования. В диссертационной работе рассматривается возможность определения нормативного срока доставки с учетом данных факторов.

Целью диссертационной работы является разработка новой методики расчета срока доставки грузов при уточнении системы расчета простоев вагона на станциях.

Задачи исследования:

1. Анализ системы нормирования показателей элементов, влияющих на процесс доставки грузов;

2. Определение порядка расчета затрат времени на технологические операции с вагонами на технических станциях, включая простой под накоплением до составов установленного веса и длины;

3. Разработка алгоритма расчета затрат времени на непроизводительные простои вагонов на технических станциях;

4. Обоснование порядка расчета технологического срока доставки грузов с учетом принципа клиентоориентированности.

Объект исследования. Система управления на железнодорожном транспорте в части определения нормативов простоя вагонов на станциях.

Предмет исследования. Принципы организации доставки грузов с учетом технологии грузовых перевозок и эксплуатационных расходов железнодорожного транспорта.

Методологической и теоретической основой диссертационного исследования явились научные труды ведущих ученых в области управления процессами перевозок, изучения закономерностей в работе станций, продвижения вагонопотоков, определения срока доставки. В работе использованы методы математической статистики, теории прогнозирования, технико-экономического обоснования результатов исследования.

Наиболее существенные научные результаты. Выполнено уточнение принципов расчета элементов простоя вагонов на станциях. Введено понятие технологического резерва, учитывающего затраты времени на непроизводительные простои вагонов на станциях. Определены рекомендуемые значения этого показателя. Разработана методика расчета срока доставки грузов, учитывающая технологию перевозочного процесса индивидуально для каждой отправки.

Научная новизна диссертационной работы. Разработан новый подход к определению нормативов простоя вагонов на станциях и срока доставки грузов. Предложен элемент «технологический резерв», учитывающий время непроизводительных простоев вагонов на станциях, а также обозначен порядок расчета срока доставки индивидуально для каждой корреспонденции.

Теоретическая и практическая значимость научного исследования. Определение норм непроизводительных простоев вагонов на технических станциях способствует выбору и реализации рациональных вариантов плана формирования грузовых поездов.

Расчет технологического срока доставки позволяет за счет предварительного планирования затрат времени по всем элементам перевозочного процесса прогнозировать с достаточной степенью точности время прибытия на станцию назначения.

В предлагаемой в диссертации методике прогнозирования времени доставки для каждой отправки уточнен порядок расчета элементов простоя вагонов на станциях, а также определен порядок расчета диапазонов времени доставки, ожидаемых затрат на накопление составов по станциям сети и средние величины этих показателей.

Использование предлагаемой методики расчета прогнозируемого срока доставки целесообразно при заключении договоров с клиентами железнодорожного транспорта на своевременную доставку груза.

Реализация и внедрение результатов работы. Результаты исследования использованы при корректировке составных программных комплексов Автоматизированной системы организации вагонопотоков (АСОВ). Предлагаемая методика нашла практическое применение в Западно-Сибирской дирекции управления движением и в службе движения Октябрьской дирекции управления движением.

Положения, выносимые на защиту:

1. Методика определения затрат времени на технологические операции с вагонами на технических станциях.
2. Алгоритм расчета затрат времени на непроизводительные простои вагонов на станциях в ожидании технологических операций.
3. Методика расчета технологического срока доставки, максимально учитывающего технологию перевозочного процесса.
4. Оценка эффективности предлагаемого способа определения срока доставки грузов и сферы применения предложенных методических решений.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность приведенных в диссертации исследований подтверждается соответствием разработанных теоретических положений и результатов расчетов с практической реализацией выработанных автором предложений на исследуемых участках железных дорог, а также с результатами имитационного моделирования. Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации обоснованы теоретическими решениями, полученными в работе, базируются на доказанных выводах и согласуются с известным опытом организации перевозочного процесса.

Основные результаты исследования доложены и получили одобрение на Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Сибирского государственного университета путей сообщения «Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе» (28-29 ноября 2012 г., г. Новосибирск), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Транспорт Урала» (20-21 ноября 2013 г., г. Екатеринбург), международной научно-практической конференции

«Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте-2013» (20-30 декабря 2013 г., г. Одесса), LXXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Транспорт: проблемы, идеи, перспективы» (21-25 апреля 2014 г., г. Санкт-Петербург) и других, а также на заседании объединённого научно-технического совета факультета «Управление процессами перевозок» (г. Новосибирск, февраль 2016г.), заседаниях кафедры «Управление эксплуатационной работой» Сибирского государственного университета путей сообщения, заседании кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения.

Методические решения, разработанные в диссертации, легли в основу концепции «Определение взаимосвязи показателей эксплуатационной работы с доставкой груза точно в срок», занявшей второе место среди научных концепций аспирантов «Инновационный, безопасный, экологичный, эффективный железнодорожный транспорт» во Втором Всероссийском конкурсе научных работ среди студентов и аспирантов по транспортной проблематике, проводимом Объединенным ученым советом ОАО «РЖД» (г. Москва, 2014 г.).

Публикации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 10 печатных работах и 1 электронном издании, в том числе 5 статей опубликованы в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых изданий, рекомендованных ВАК РФ. Получено свидетельство о регистрации электронного ресурса № 19859.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 137 источников, и трех приложений. Содержание работы изложено на 144 страницах основного текста, включающего 20 таблиц, 56 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, приведена ее общая характеристика и определены цель и основные задачи исследования.

В первой главе дан обзор состояния вопроса нормирования основных качественных показателей эксплуатационной работы и определения срока доставки грузов на железнодорожном транспорте. Проанализированы теоретические разработки и практический опыт определения нормативного срока доставки грузов.

Достоверные технические нормативы, как объективные критерии эксплуатационной работы, способствуют принятию правильных решений при оперативном планировании и проведении регулировочных мероприятий. Одним

из основных показателей эксплуатационной работы является скорость продвижения вагона, которая в большей степени зависит от продолжительности стоянок на технических станциях. Рациональное определение элементов простоя, в частности непроизводительного, позволит повысить качество выполнения железными дорогами утвержденных нормативных документов: графика движения поездов и плана формирования грузовых поездов (ПФП), а также установленных нормативных сроков доставки грузов.

Процесс доставки грузов железнодорожным транспортом базируется на математической модели организации перевозочного процесса, основными объектами которой являются: вагонная отправка, локомотив с локомотивной бригадой и технические параметры транспортной сети. Решение задачи с целевой функцией минимизации зависящих эксплуатационных расходов определяет расчет ПФП с учетом временных и инфраструктурных ограничений:

$$E_{\text{экспл}}^{\text{РЖД}} = E_{\text{о}} + \sum E_{\text{дв}} + \sum E_{\text{с/п}} + \sum E_{\text{нак}} + \sum E_{\text{б/п}} + E_{\text{н}} + E_{\text{доп}} \longrightarrow \min, \quad (1)$$

где $E_{\text{о}}, \sum E_{\text{дв}}, \sum E_{\text{с/п}}, \sum E_{\text{нак}}, \sum E_{\text{б/п}}, E_{\text{н}}, E_{\text{доп}}$ – среднесуточные эксплуатационные расходы, связанные, соответственно с формированием поездов на станциях отправления, продвижением поездов по участкам, операциями с вагонами на технических станциях переработки вагонопотока (исключая накопление), накоплением составов, обработкой вагонов на станциях смены локомотивов и локомотивных бригад, расформированием поездов на станциях назначения, дополнительным простоем вагонов на станциях в случаях неисправностей или занятости инфраструктуры, руб./сут.

Однако данная модель не учитывает требования клиентов железнодорожного транспорта по обеспечению своевременной доставки грузов.

В своих работах профессор П.А. Козлов определил структуру потерь клиентов железнодорожного транспорта при случайном времени доставки, которые возникают как при раннем, так и при позднем прибытии грузов. Таким образом, задачу минимизации дополнительных затрат грузополучателей, связанных с несвоевременной доставкой груза можно выразить как:

$$E_{\text{кл}} = E_{\text{ущерб}} + E_{\text{скл}} \longrightarrow \min, \quad (2)$$

где $E_{\text{ущерб}}$ – ущерб клиента от недопоставки; $E_{\text{скл}}$ – затраты на складское хранение запасов сырья и готовой продукции.

$$E_{\text{скл}} = E_{\text{скл}}^{\text{зап}} + E_{\text{скл}}^{\text{ПНОП}} + E_{\text{скл}}^{\text{ваг}} \longrightarrow \min, \quad (3)$$

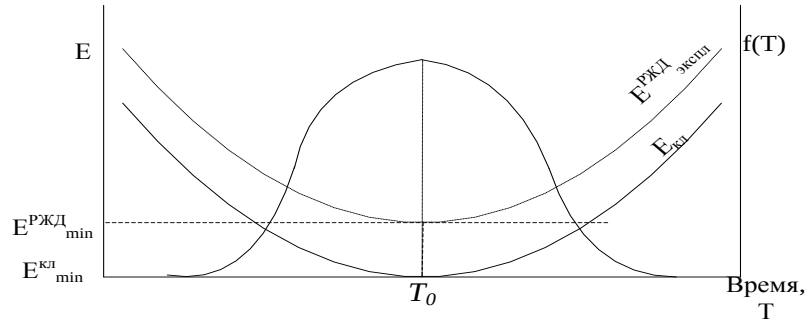
где $E_{\text{скл}}^{\text{зап}}$ – затраты, связанные со складированием страховых запасов на случай задержки поставки грузов; $E_{\text{скл}}^{\text{ПНОП}}$ – затраты, связанные со складированием грузов, прибывших ранее установленного срока, на складе грузополучателя; $E_{\text{скл}}^{\text{ваг}}$ –

затраты, связанные со складированием грузов, прибывших ранее установленного срока, в вагонах на территории грузополучателя.

Следовательно, расходы грузополучателей стремятся к нулю только в случае гарантированной доставки согласно нормативному сроку, который, в ряде случаев, не удовлетворяет условию минимизации эксплуатационных затрат на перевозку.

Стохастическую поставку задачи исследования можно сформулировать следующим образом: определение такого нормативного срока доставки, при котором расходы железных дорог и клиента стремятся к минимуму (рисунок 1).

Поиск оптимального срока доставки, удовлетворяющего заданным требованиям, возможен двумя методами: изменение технологии работы перевозочного процесса, в части плана формирования поездов с использованием управляемых динамических резервов, или корректировка системы определения срока доставки грузов железнодорожным транспортом.



$E^{РЖД}_{экспл}$ – зависящие эксплуатационные расходы ОАО «РЖД»;

$E_{кл}$ – дополнительные затраты грузополучателей, связанные с несвоевременной доставкой груза.

Рисунок 1 – Определение оптимального срока доставки грузов

Увеличение технологического времени следования отправок, прибывающих в пункт назначения ранее установленного нормативами срока, с целью обеспечения своевременной доставки заведомо нецелесообразно. Данные меры приведут к увеличению такого показателя как оборот вагона, что повлечет за собой необходимость увеличения вагонного парка и излишнюю занятость инфраструктуры.

Под корректировкой системы определения нормативных сроков доставки следует понимать переход к расчету технологического срока, опирающегося на существующую технологию организации перевозочного процесса. Весь процесс доставки грузов имеет смысл разделить на технологические элементы, такие как, время следования по бригадным участкам, простой вагонов на технических станциях, а также на станциях отправления и назначения. Каждый элемент представляет собой сумму времени на выполнение технологический операций, а также сумму времени непроизводительных простоев вагона в ожидании технологический операций. Целесообразно рассмотреть возможность разработки новых принципов расчета срока доставки грузов, опираясь на технологию работы

железнодорожного транспорта, а также возможность применения данных принципов в работе с клиентами ОАО «РЖД».

Во второй главе представлен анализ влияния непроизводительных простоев вагонов на станциях на своевременность доставки грузов. При сравнении нормативного и фактического сроков доставки грузов выявлено, что в среднем за год более 255000 корреспонденций вагонопотоков на сети дорог ОАО «РЖД» прибывали с нарушением срока доставки. Процент распределения корреспонденций по величине нарушения следующий: менее 1 суток – 37%, от 1 до 2 суток – 36%. От 3 до 5 суток – 13%, от 6 до 10 суток – 9%, более 10 суток – 5%. В ходе анализа основных причин простоя вагонов выявлено, что в 47% вина лежит на службе движения, что определяет необходимость определения «узких» мест в процессе доставки.

При исследовании временных затрат на технологические элементы срока доставки определено, что лимитирующим звеном является простой вагонов на технических станциях переработки вагонопотока, составляющий 45% от общего времени доставки. При этом порядка 15% из них – это затраты времени на непроизводительные простои в ожидании технологических операций. Поэлементный анализ данных временных затрат показал, что непроизводительные простои вагонов в ожидании технологических операций представляют собой непрерывные случайные величины, подчиняющиеся нормальному закону распределения. В ходе анализа времени непроизводительных простоев вагонов по различным станциям было выявлено, что простои в ожидании одного и того же технологического элемента незначительно отличаются друг от друга. Так, простой в ожидании технической обработки в парке приема находится в интервале от 0,35 до 0,46 часа, в ожидании расформирования – в интервале от 0,52 до 1,47 часа, в ожидании перестановки – в интервале от 0,17 до 0,77 часа, в ожидании технической обработки в парке отправления – в интервале от 0,28 до 0,62 часа, в ожидании локомотива – в интервале от 0,74 до 1,50 часа, в ожидании отправления – в интервале от 0,20 до 0,61, суммарный простой в ожидании технологических операций на станции переработки вагонопотока (исключая накопление) – в интервале от 3,65 до 4,40 часа. Функция распределения суммарного времени непроизводительного простоя транзитного вагона с переработкой для различных станций представлена на рисунке 2.

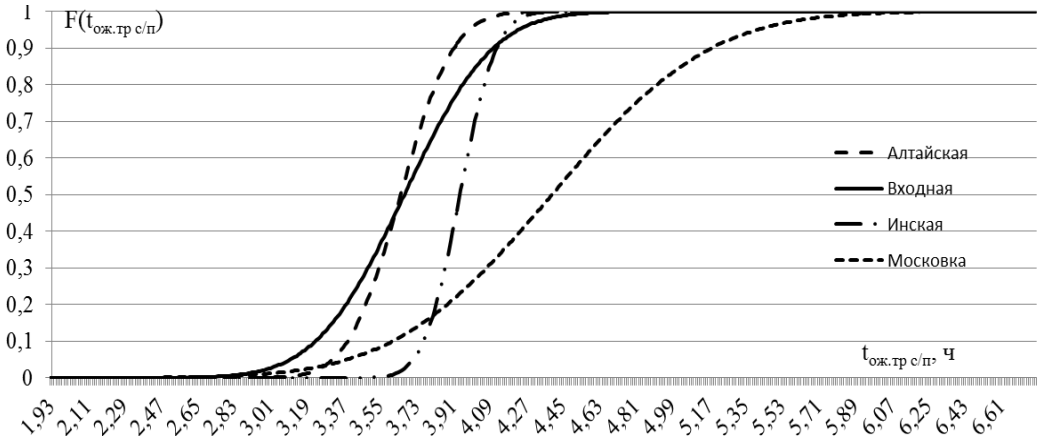


Рисунок 2 – Функция распределения суммарного времени непроизводительного простоя транзитного вагона с переработкой для различных станций

Таким образом, для дальнейшей разработки методики определения времени непроизводительных простоев на станциях возможно оперировать средними значениями полученных результатов.

Стоит отметить, что суммарный простой транзитных вагонов с переработкой на технических станциях не имеет прямой зависимости от расстояния перевозки, а возрастает от увеличения количества переработок вагонопотока на всем пути следования. На основании ПФП, с помощью комплекса задач «Корпоративная база плана формирования» (КБПФ) произведен анализ количества переработок в пути следования различных немаршрутизированных корреспонденций вагонопотока на сети железных дорог ОАО «РЖД». Выявлено, что около 65% корреспонденций имеют 3 и менее переработки в пути следования, и около 35% – от 4 и более. В работах ОАО «НИИАС» отмечено, что максимально допустимое количество переработок на рейсе, не приводящее к нарушению срока доставки, составляет 3,4 переработки. Таким образом, для 35% корреспонденций вагонопотоков количество переработок больше допустимого.

В работе маршруты следования корреспонденций по ПФП проанализированы на предмет возможности сокращения числа переработок путем введения дополнительного одногруппного назначения ПФП. Произведен расчет экономической целесообразности выделения дополнительного назначения. Выявлено, что для большей части корреспонденций формирование дополнительного одногруппного назначения ПФП экономически не выгодно. В остальных случаях экономия составляет от 2300 до 16000 рублей. Однако в этих случаях необходимо также рассчитать затраты, связанные с замедлением накопления вагонов нового более дальнего назначения и вагонов существующих назначений.

Автором предлагается следующий порядок определения дополнительных затрат, возникающих при выделении нового назначения ПФП:

1) определение среднего времени простоя вагонов под накоплением согласно Инструктивным указаниям по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД» (далее Инструктивные указания):

$$t_{нак} = \frac{c \cdot m}{N_i}, \quad (4)$$

где c – параметр накопления; m – количество вагонов в составе; N_i – суммарная мощность вагонопотока i-го назначения.

2) расчет среднего времени замедления накопления вагонов новых назначений и оставшихся (после выделения нового назначения) вагонов существующих назначений ПФП по предлагаемым формулам:

$$T_з^{н.назн.} = t_{нак}^{н.назн.} - t_{нак}^{сущ.назн.}, \quad (5)$$

$$T_з^{ост.в-в} = t_{нак}^{ост.в-в} - t_{нак}^{сущ.назн.}, \quad (6)$$

где $t_{нак}^{н.назн.}$ – среднее время простоя под накоплением вагонов нового назначения; $t_{нак}^{сущ.назн.}$ – среднее время простоя под накоплением вагонов существующего назначения ПФП; $t_{нак}^{ост.в-в}$ – среднее время простоя под накоплением вагонов, оставшихся после выделения нового назначения.

3) определение затрат на замедление накопления вагонов новых назначений и оставшихся (после выделения нового назначения) вагонов существующих назначений ПФП в зависимости от периода замедления и расходной ставки:

$$E_з = T_з \cdot m \cdot e_{вч}, \quad (7)$$

где $T_з$ – суммарное время замедления накопления вагонов новых назначений и оставшихся (после выделения нового назначения) вагонов существующих назначений плана формирования отдельно по каждой станции.

Общая эффективность рассматриваемого предложения:

$$Э^{Общ} = Э - \sum E_з, \quad (8)$$

При учете дополнительных расходов в ряде случает введение дополнительного одногруппного назначения перестало быть экономически выгодным, для оставшихся выгодных корреспонденций максимальная экономия составила менее 1500 рублей в сутки.

4) определение технических возможностей сортировочных станций в соответствии с Инструктивными указаниями на возможность выделения дополнительного назначения ПФП. Для ряда станций, исходя из расчета паспортных ограничений, не представляется возможным выделить дополнительное назначение, несмотря на экономическую эффективность.

Выполненные расчеты показали, что сокращение числа переработок вагонопотока далеко не во всех случаях является экономически выгодным, а затраты времени на экономически выгодное продвижение вагонопотоков в ряде

случаев не укладываются в установленные нормативы. Следовательно, имеется необходимость расчета срока доставки грузов индивидуально для каждой отправки с целью удовлетворения интересов клиента в своевременной доставки грузов.

В третьей главе предложена методика расчета затрат времени простоя вагонов на технических станциях и определения срока доставки грузов. Рассматривая простой вагонов на технических станциях, с точки зрения технологии работы железнодорожного транспорта, целесообразно разделить общие временные затраты на два элемента: время на технологические операции и время технологического резерва:

$$T_{тех} = \sum T_{опер} + \sum T_{рез}, \quad (9)$$

Временные затраты на технологические операции $\sum T_{опер}$ зависят от установленной технологии обработки составов поездов и определяются отдельно для каждой станции на основе установленных технологических процессов (исключая время на накопление составов).

Время простоя вагона под накоплением необходимо рассчитывать отдельно для каждой станции переработки вагонопотока в зависимости от мощности назначения по формуле (4).

Время технологического резерва $\sum T_{рез}$ состоит из непроизводительных простоев вагонов в ожидании технологических операций, а также дополнительного резерва времени простоя вагонов под накоплением до составов установленного веса и длины.

Время резерва простоя вагонов под накоплением предлагается рассчитывать в зависимости от функции распределения времени простоя под накоплением (рисунок 3), отдельно для каждой мощности отправляемых назначений по формуле:

$$t_{р.нак} = k_{р.нак} \cdot t_{нак}, \quad (10)$$

где $k_{р.нак}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время простоя вагонов под накоплением.

$$k_{р.нак} = 1 + \frac{t_{max} - t_{нак}}{t_{нак}}, \quad (11)$$

где t_{max} – время простоя вагонов под накоплением (при $P \rightarrow 1$).

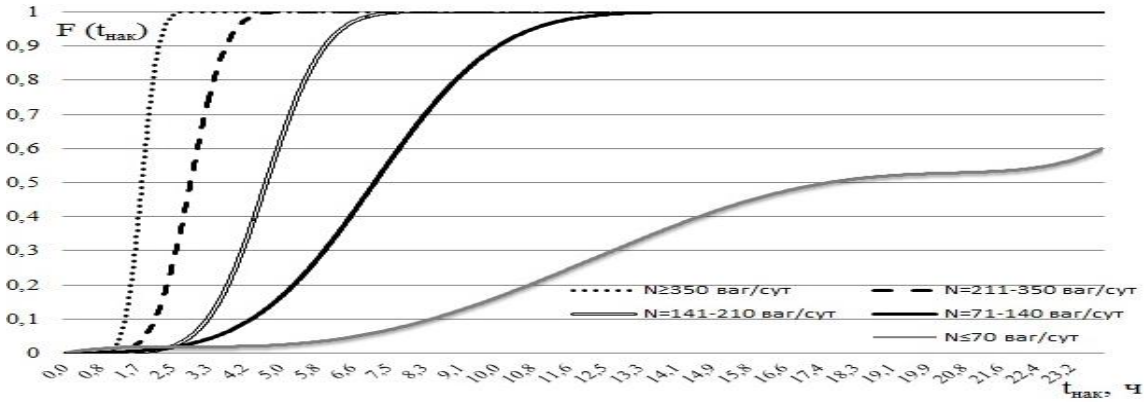


Рисунок 3 – Функция распределения времени простоя вагонов под накоплением составов на основе данных АРМ «ОНИКС»

Нормируемые простои под накоплением с учетом резервов времени в зависимости от величины вагонопотока определяются по формуле (12) и приведены в таблице 1.

$$T_{нак} = t_{нак} + t_{р.нак}, \quad (12)$$

Таблица 1 – Предлагаемая классификация назначений плана формирования в зависимости от мощности, величины простоя под накоплением и резерва времени

Условное наименование назначения	Среднесуточное количество отправляемых вагонов на данное назначение	Простой под накоплением согласно Инструктивным указаниям $t_{нак}$, ч	Вероятность, Р	Технологический резерв времени простоя под накоплением $t_{р.нак}$, ч	Простой под накоплением с учетом резерва времени, ч
Наиболее мощное	>350	2,3	0,95	0,2	2,5
Мощное	211-350	3,8	0,92	1,2	5,0
Среднее	141-210	5,6	0,80	4,5	10,1
Наименее мощное	70-140	11,4	0,97	1,9	13,3
Не мощное	<70	24		-	24

При рассмотрении вопроса определения временных значений элементов технологического резерва простоя вагонов в ожидании технологических операций на станциях имеет смысл обратиться к методам прогнозирования случайных величин.

В диссертационной работе в качестве главного инструмента краткосрочного прогнозирования времени технологического резерва срока доставки на технических станциях принимаются адаптационные модели, основанные на сглаживании временных рядов. При анализе различных моделей прогнозирования была выбрана адаптационная модель без учета сезонной компоненты. Для расчета данной модели использовались два метода прогнозирования: метод экспоненциального сглаживания (однопараметрическая модель Брауна (R.G. Brown)) и метод экспоненциального сглаживания с учетом тренда (метод Хольта (C.C. Holt)). В ходе работы также выполнено сравнение

результатов прогнозирования, полученных разными методами, которое показало, что прогнозные значения и их интервалы, рассчитанные разными методами, незначительно отличаются друг от друга. Для определения параметров, используемых при расчете технологического срока доставки, целесообразно использовать поглощающее значение интервала.

Для случайных величин времени технологического резерва, подчиняющихся нормальному закону распределения, характерно два параметра: математическое ожидание M(X) и дисперсия D(X). Технологическим резервом простоя вагонов на станции, в данном случае, является случайная величина с параметрами:

для станций смены локомотива:

$$M(T_{рез}^{б/п,лок}) = M(t_{ож.бр}) + M(t_{ож.лок}) + M(t_{ож.отпр}), \quad (13)$$

$$D(T_{рез}^{б/п,лок}) = D(t_{ож.бр}) + D(t_{ож.лок}) + D(t_{ож.отпр}), \quad (14)$$

для станций смены локомотивных бригад:

$$M(T_{рез}^{б/п,лбр}) = M(t_{ож.бр}) + M(t_{ож.отпр}), \quad (15)$$

$$D(T_{рез}^{б/п,лбр}) = D(t_{ож.бр}) + D(t_{ож.отпр}), \quad (16)$$

для станций переработки вагонопотока:

$$M(T_{рез}^{с/п}) = M(t_{ож.брПП}) + M(t_{ож.расф}) + M(t_{ож.перест}) + M(t_{ож.брПО}) + M(t_{ож.лок}) + M(t_{ож.отпр}), \quad (17)$$

$$D(T_{рез}^{с/п}) = D(t_{ож.брПП}) + D(t_{ож.расф}) + D(t_{ож.перест}) + D(t_{ож.брПО}) + D(t_{ож.лок}) + D(t_{ож.отпр}), \quad (18)$$

где $M(t_{ож.бр}), M(t_{ож.брПП}), M(t_{ож.брПО}), M(t_{ож.расф}), M(t_{ож.перест}), M(t_{ож.лок}), M(t_{ож.отпр})$ – математическое ожидание случайной величины времени обработки бригадой ПТОВ транзитного поезда, разборочного поезда в ПП, поезда своего формирования в ПО; времени ожидания расформирования, ожидания перестановки, ожидания локомотива и ожидания отправления, соответственно; $D(t_{ож.бр}), D(t_{ож.брПП}), D(t_{ож.брПО})$, $D(t_{ож.расф}), D(t_{ож.перест}), D(t_{ож.лок}), D(t_{ож.отпр})$ – дисперсия случайной величины времени обработки бригадой ПТОВ транзитного поезда, разборочного поезда в ПП, поезда своего формирования в ПО; времени ожидания расформирования, ожидания перестановки, ожидания локомотива и ожидания отправления, соответственно.

С использованием формул (13 – 18) и рассчитанных прогнозных значений времени непроизводительного простоя вагонов в ожидании технологических операций были получены следующие параметры случайной величины времени технологического резерва: для станций смены локомотива – $M(T_{рез}^{б/п,лок}) = 1,48$ ч, $D(T_{рез}^{б/п,лок}) = 0,083$ ч; для станций смены локомотивной бригады – $M(T_{рез}^{б/п,лбр}) = 0,82$ ч, $D(T_{рез}^{б/п,лбр}) = 0,023$ ч; для станций переработки вагонопотока (исключая накопление) – $M(T_{рез}^{с/п}) = 4,22$ ч, $D(T_{рез}^{с/п}) = 0,785$ ч.

Параметры случайной величины времени простоя вагонов на станциях, в зависимости от категории вагонопотока, предлагается определять по формулам:

для станций смены локомотива:

$$M(T_{б/п,лок}) = T_{опер}^{б/п,лок} + M(T_{рез}^{б/п,лок}), \quad (19)$$

$$D(T_{б/п,лок}) = D(T_{рез}^{б/п,лок}), \quad (20)$$

для станций смены локомотивных бригад:

$$M(T_{б/п,лкб}) = T_{опер}^{б/п,лкб} + M(T_{рез}^{б/п,лкб}), \quad (21)$$

$$D(T_{б/п,лкб}) = D(T_{рез}^{б/п,лкб}), \quad (22)$$

для станций переработки вагонопотока:

$$M(T_{с/п}) = T_{опер}^{с/п} + M(T_{рез}^{с/п}), \quad (23)$$

$$D(T_{с/п}) = D(T_{рез}^{с/п}), \quad (24)$$

для станций отправления на ответственности ОАО «РЖД»:

$$M(T_{о}) = T_{опер}^{о} + M(T_{рез}^{о}), \quad (25)$$

$$D(T_{о}) = D(T_{рез}^{о}), \quad (26)$$

для станций назначения на ответственности ОАО «РЖД»:

$$M(T_{н}) = T_{опер}^{н} + M(T_{рез}^{н}), \quad (27)$$

$$D(T_{н}) = D(T_{рез}^{н}), \quad (28)$$

Автором предложена схема расчета срока доставки грузов по технологии перевозочного процесса (рисунок 4).

Существующая система расчета срока доставки грузов основана на статистических методах определения нормативов скорости перевозки и направлена на доставку не позже установленного срока. Согласно предлагаемой схеме расчета срока доставки грузов общие затраты времени на доставку определяются индивидуально для каждой отправки в зависимости от особенностей перевозки.

Согласно технологии затраты времени на доставку грузов повагонной отправкой включают в себя: время в пути следования, время на технических станциях без переработки и с переработкой и время на дополнительные операции. Принципиально время технологического срока доставки можно выразить формулой:

$$T_{тех} = \sum_{i=1}^{i=j} T_{дв}^{i} + T_{о} + \sum_{i=1}^{i=k} T_{б/п,лкб}^{i} + \sum_{i=1}^{i=n} T_{б/п,лок}^{i} + \sum_{i=1}^{i=m} T_{с/п}^{i} + T_{н} + T_{доп}, \quad (29)$$

где $T_{о}, T_{н}$ время нахождения вагона на станциях отправления и назначения соответственно; $\sum_{i=1}^{i=k} T_{б/п,лкб}^{i}, \sum_{i=1}^{i=n} T_{б/п,лок}^{i}, \sum_{i=1}^{i=m} T_{с/п}^{i}$ – сумма времени нахождения вагонов на станциях смены локомотивной бригады, смены локомотива и переработки вагонопотока в пути следования, соответственно; k – количество станций смены локомотивных бригад в пути следования; n – количество станций смены локомотивов в пути следования; m – количество станций переработки вагонопотока в пути следования; $\sum_{i=1}^{i=j} T_{дв}^{i}$ – сумма времени в движении по

участкам; j – количество участков в пути следования; $T_{доп}$ – время на дополнительные операции (в соответствии с правилами перевозки грузов).

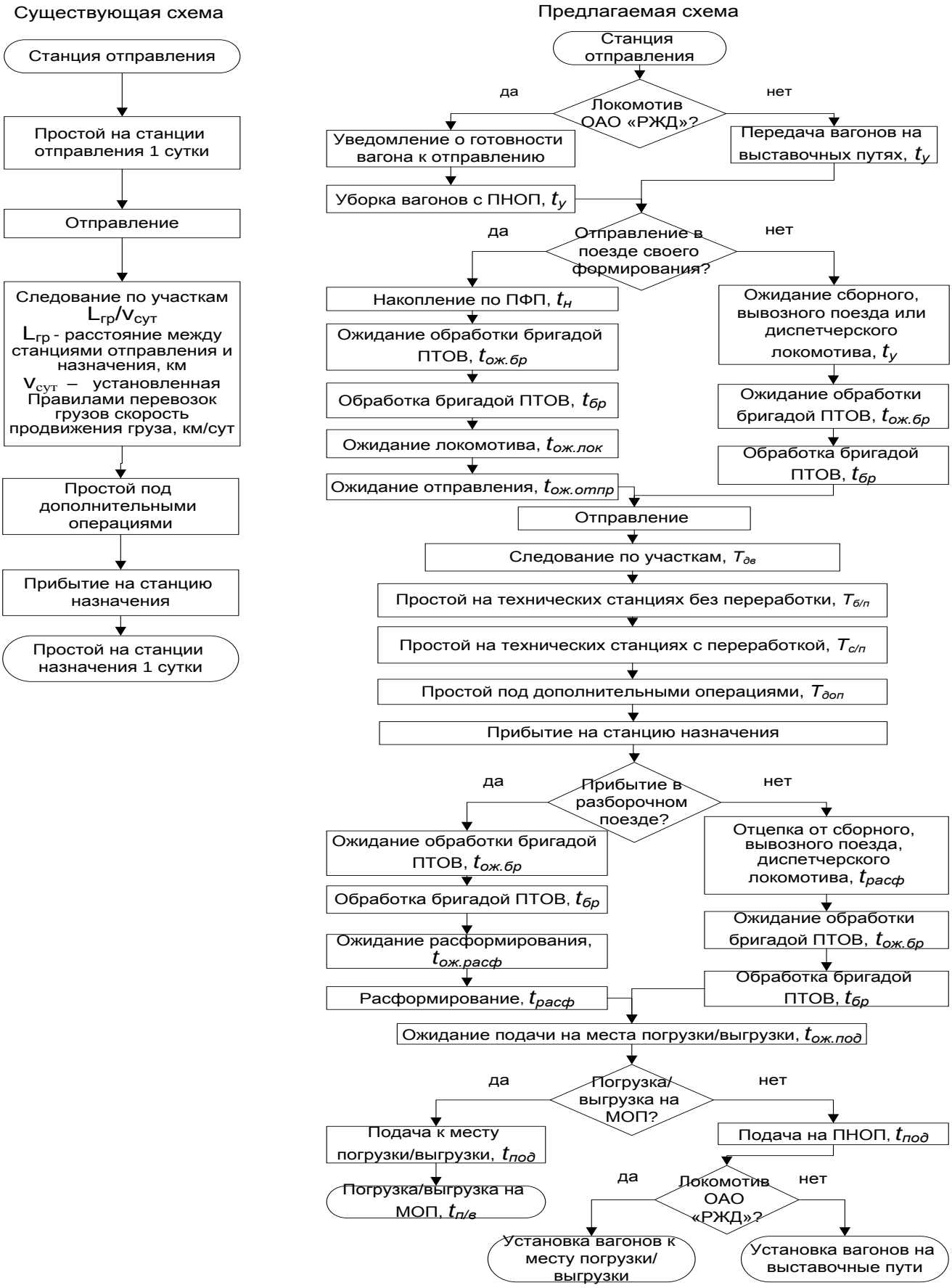


Рисунок 4 – Существующая и предлагаемая схема расчета срока доставки грузов

В случае организации перевозки грузов отправительским маршрутом из формулы (29) необходимо исключить элемент $\sum_{i=1}^{i=m} T_{с/п}^{i}$, так как маршрутные отправки не подлежат переработке в пути следования. Также корректировке подлежат элементы $T_{о}, T_{н}$, в силу того что отправительские маршруты формируются и расформировываются непосредственно на ПНОП и данные временные затраты не включаются в срок доставки грузов.

Как было отмечено выше, технологический срок доставки величина случайная, вследствие присутствия в ее составе технологического резерва, параметры технологического срока доставки можно определить следующим образом:

$$M(T_{тех}) = \sum_{i=1}^{i=j} T_{дв}^{i} + M(T_{о}) + \sum_{i=1}^{i=k} M(T_{б/п,лбр}^{i}) + \sum_{i=1}^{i=n} M(T_{б/п,лок}^{i}) + \sum_{i=1}^{i=m} M(T_{с/п}^{i}) + M(T_{н}) + T_{доп}, \quad (30)$$

$$D(T_{тех}) = D(T_{о}) + \sum_{i=1}^{i=k} D(T_{б/п,лбр}^{i}) + \sum_{i=1}^{i=n} D(T_{б/п,лок}^{i}) + \sum_{i=1}^{i=m} D(T_{с/п}^{i}) + D(T_{н}), \quad (31)$$

где $\sum_{i=1}^{i=k} M(T_{б/п,лбр}^{i}), \sum_{i=1}^{i=n} M(T_{б/п,лок}^{i}), \sum_{i=1}^{i=m} M(T_{с/п}^{i})$ – сумма математических ожиданий времени нахождения вагонов на станциях смены локомотивной бригады, смены локомотива и переработки вагонопотока в пути следования, соответственно; $\sum_{i=1}^{i=k} D(T_{б/п,лбр}^{i}), \sum_{i=1}^{i=n} D(T_{б/п,лок}^{i}), \sum_{i=1}^{i=m} D(T_{с/п}^{i})$– сумма дисперсий времени нахождения вагонов на станциях смены локомотивной бригады, смены локомотива и переработки вагонопотока в пути следования, соответственно.

Время в движении по участкам определяется как:

$$T_{дв}^{i} = \frac{L_{i}}{v_{уч}^{i}}, \quad (32)$$

где L^{i} – протяженность *i*-го участка, км; $v_{уч}^{i}$ – участковая скорость на *i*-м участке.

В четвертой главе выполнена проверка полученных результатов времени технологического резерва с помощью системы имитационного моделирования ИСТРА. Приведена оценка эффективности предлагаемого способа определения срока доставки грузов в сравнении с существующей системой расчета и определена сфера применения предложенных методических решений.

Система ИСТРА, разработанная под руководством лауреата государственной премии доктора техн. наук профессора П.А. Козлова, представляет собой систему моделирования, позволяющую рассчитать технические и технологические параметры объектов железнодорожного транспорта. С помощью системы была смоделирована работа технических станций и проанализировано время нахождения вагонов в ожидании технологических операций. В ходе сравнения прогнозных значений элементов простоя, полученных согласно разработанной методике, с результатами моделирования и с фактическими данными определено:

1) случайная величина времени простоя вагона в ожидании различных технологических операций индивидуальна для различных станций. Однако в большинстве случаев они соответствуют прогнозным значениям, полученным в работе. По рассчитанным параметрам случайной величины времени нахождения вагона на технических станциях с переработкой и без переработки были определены временные интервалы нахождения транзитных вагонов на станциях с вероятностью p=0,99. Функция распределения времени простоя транзитных вагонов с переработкой в ожидании технологических операций на основе данных отчета ДО-6 (факт), системы ИСТРА, а также прогнозный интервал с вероятностью p=0,99 представлены на рисунке 5.

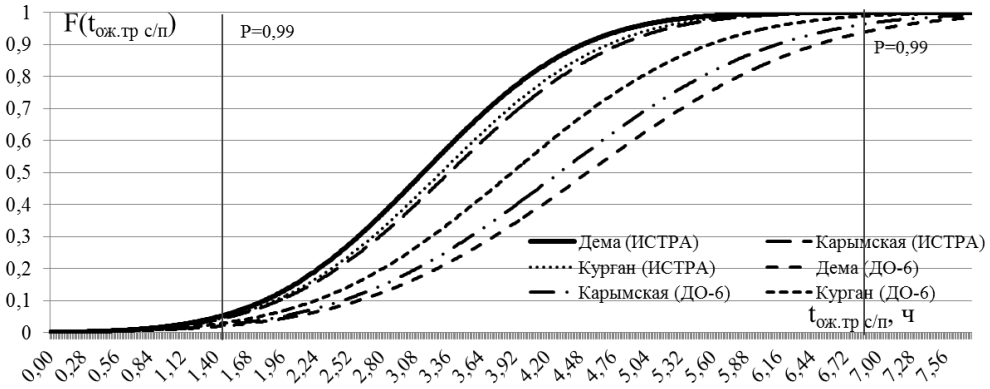


Рисунок 5 – Функция распределения времени простоя транзитных вагонов с переработкой в ожидании технологических операций на основе данных отчета ДО-6 (факт), системы ИСТРА и результатов прогнозирования

Вероятность попадания случайной величины в прогнозные интервалы, полученные в 3 главе, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Временные значения непроизводительного простоя вагонов на технических станциях, полученные на основе данных отчета ДО-6 (факт), системы ИСТРА и результатов прогнозирования

Станция \ Категория вагонопотока		Вероятность попадания в прогнозный интервал	
		Транзитные вагоны с/п от 1,49 ч до 6,91 ч	Транзитные вагоны б/п от 0,48 ч до 2,48 ч
Карымская	ИСТРА	0,95	0,99
	ДО-6	0,94	0,94
Дема	ИСТРА	0,94	0,99
	ДО-6	0,92	0,93
Курган	ИСТРА	0,95	0,99
	ДО-6	0,96	0,97

2) вероятность накопления назначений в установленные сроки в зависимости от мощности вагонопотока, согласно данным системы ИСТРА: для наиболее мощного назначение – 0,93, для мощного назначение – 0,86, для среднего – 0,78, для наименее мощного – 0,94 (рисунок 6). Согласно рисунку 6 и формуле (12) нормируемые простои под накоплением с учетом резервов времени принимают следующие значения: для наиболее мощного – 2,6 ч, для мощного –

5,3 ч, для среднего – 10,1 ч, для наименее мощного – 13,4 ч, для не мощного – 24 ч.

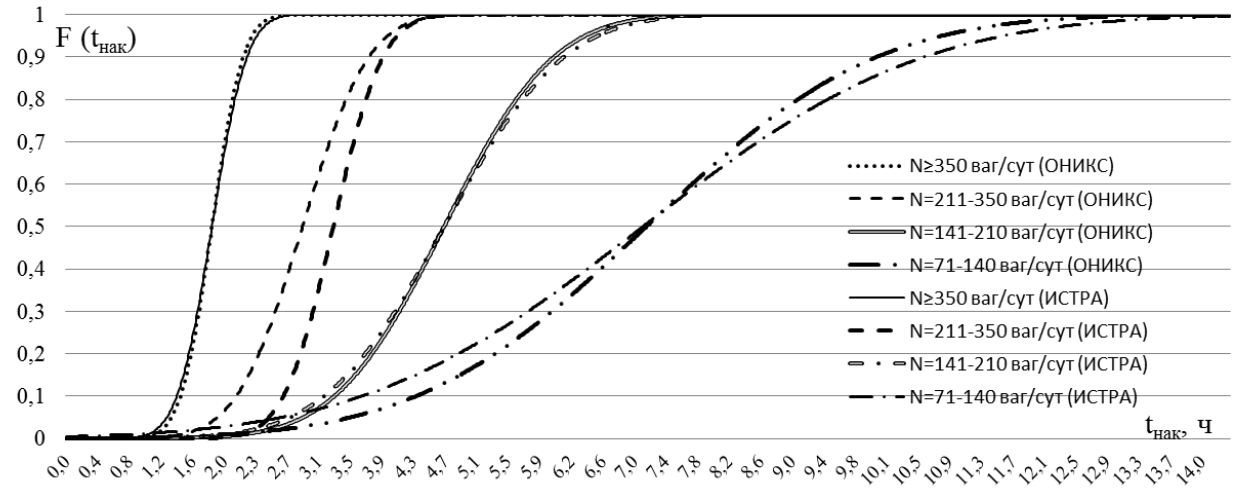


Рисунок 6 – Функция распределения времени простоя вагонов под накоплением на основе данных АРМ «ОНИКС» и системы ИСТРА

Следовательно, в целом полученные значения технологического резерва подтверждаются результатами имитационного моделирования и фактическими данными, и могут быть использованы для нормирования непроизводительных простоев вагонов на станциях и технологического срока доставки. С целью уточнения полученных значений для разных станций рекомендуется использование системы ИСТРА и методов прогнозирования в индивидуальном порядке.

Расчет экономии расходов перевозчика и клиента от использования методики определения технологического срока доставки производился для назначений плана формирования различной мощности в соответствии с предлагаемой классификацией по формулам:

$$\begin{cases} E_{кл} = E_{скл} \\ E_{РЖД} = E_{штр} \end{cases}, \qquad (33)$$

где $E_{штр}$ – экономия расходов ОАО «РЖД», связанных с выплатой штрафов грузовладельцам за просрочку доставки груза; $E_{скл}$ – экономия расходов, связанных с дополнительным складированием грузов.

В таблице 3 приведена экономия расходов по различным маршрутам следования. При расчете использовались средние величины суточных затрат на выплату штрафов грузовладельцам и складирование грузов.

При расчетах технологического срока доставки время на начально-конечные операции на станции отправления принято равным 1,26 суток, на станции назначения – 1 суткам (с учетом большого разнообразия вариантов организации работы с местными вагонами на станциях).

Таблица 3 – Расчет технологического срока доставки и экономии расходов для различных маршрутов следования на один вагон

Маршрут следования	Нормативный срок доставки, сут	Фактический срок доставки, сут	Элементы технологического срока доставки, сут				Технологический срок доставки, сут		Экономия расходов, руб	
			Начально – конечные операции	Технологические операции	Параметры технолог. резерва, сут					
					M(X)	D(X)	$T_{тех}$	вероятность, p	$E_{кл}$	$E_{РЖД}$
Междуреченск – Томск-гр.	5	8	2,26	5,15	0,77	0,136	7	0,26	–	5668
							8	0,74	–	8502
Ерунаково – Белый Яр	6	12	2,26	6,67	1,04	0,170	9	0,52	–	8502
							10	0,48	–	11336
Калтан – Суземка-экс.	14	10	2,26	6,23	1,32	0,157	9	0,68	2040	–
							10	0,32	1632	–
Иня-вост. – Беркакит	12	11	2,26	6,73	1,33	0,122	9	0,30	1224	–
							10	0,70	816	–
Иня-вост. – Лена	9	6	2,26	2,64	0,78	0,075	5	0,96	1632	–
							6	0,04	1224	–

Из таблицы 3 видно, что технологический срок доставки, рассчитанный по предлагаемой методике, близок к фактическому сроку доставки на выбранных маршрутах. Превышение технологического срока доставки обуславливается требованиями рационального использования локомотивов и вследствие этого формирования сборных поездов установленной весовой нормы с отправлением реже одного раза в сутки.

В диссертационном исследовании рассматривается возможность применения предлагаемых методических решений и подходов. Возможные сферы применения предлагаемой методики представлены на рисунке 7.

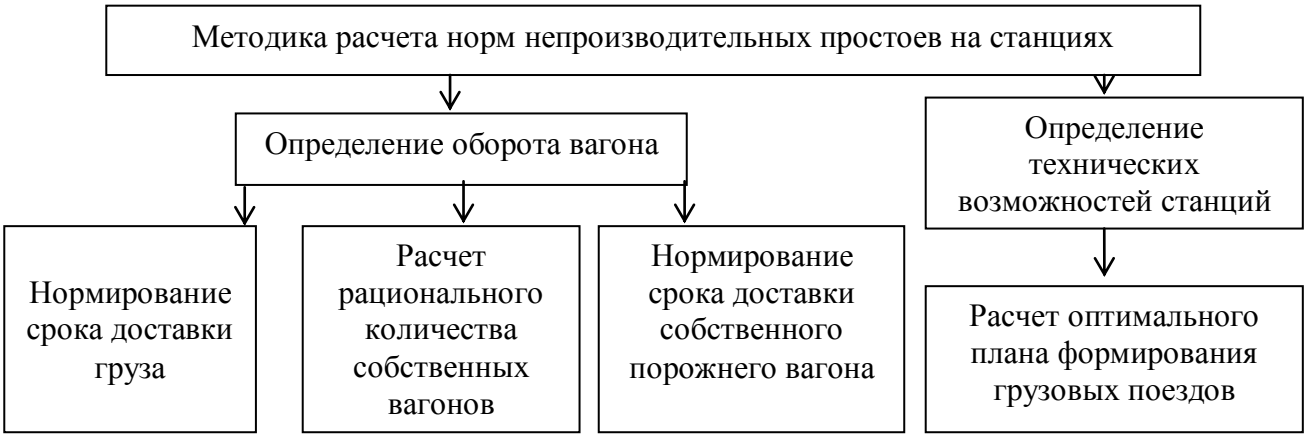


Рисунок 7 – Предлагаемые сферы применения методики расчета норм непроизводительных простоев на станциях

Также рассмотрены перспективы применения методических решений при организации движения грузовых поездов с учетом наиболее эффективного использования инфраструктуры железнодорожной сети (рисунок 8).

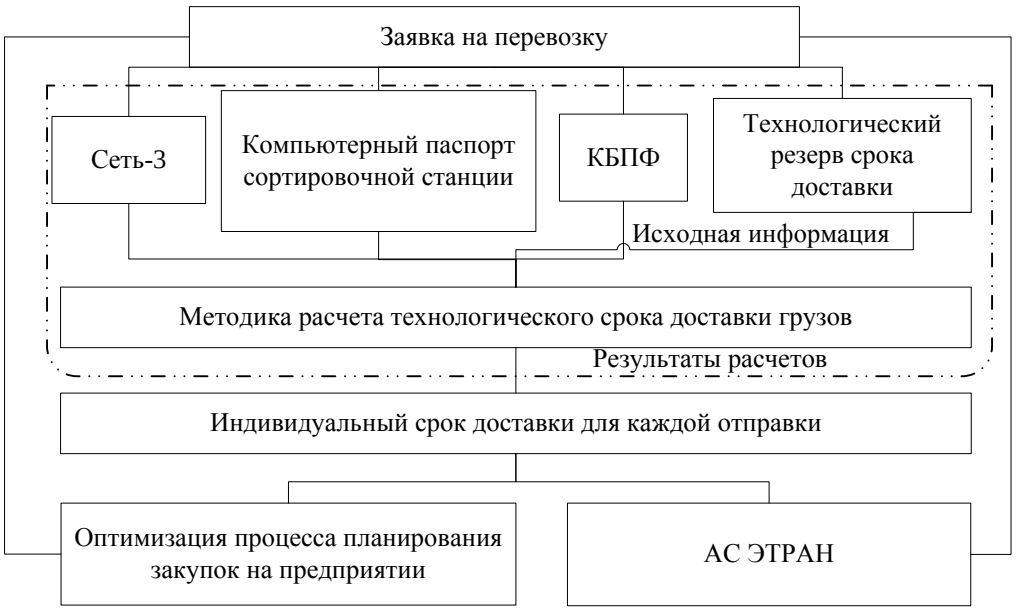


Рисунок 8 – Предлагаемая структура системы прогнозирования срока доставки грузов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Предложено уточнение расчетов элементов простоя вагонов на технических станциях с целью разработки и корректировки плана формирования грузовых поездов.

2. В диссертации определена взаимосвязь перевозчика и грузовладельца при организации доставки грузов согласно нормативным срокам.

3. Введено понятие технологического резерва, учитывающего затраты времени на непроизводительные простои вагонов на станциях. Разработан порядок расчета этого показателя для различных категорий вагонопотока и в зависимости от мощности конкретного назначения.

4. Определены рекомендуемые параметры времени технологического резерва:

- для станций смены локомотива: $M(T_{рез}^{б/п,лок}) = 1,48$ ч, $D(T_{рез}^{б/п,лок}) = 0,083$ ч;
- для станций смены локомотивной бригады $M(T_{рез}^{б/п,лбр}) = 0,82$ ч, $D(T_{рез}^{б/п,лбр}) = 0,023$ ч;
- для станций переработки вагонопотока (исключая накопление) $M(T_{рез}^{с/п}) = 4,22$ ч, $D(T_{рез}^{с/п}) = 0,785$ ч.

5. Определено значение технологического резерва времени простоя вагонов под накоплением до составов установленного веса и длины для учета вагонов, являющихся начальной группой при формировании составов. Для назначения мощностью более 350 ваг/сут. – 0,15 ч; от 211 до 350 ваг/сут. – 1,17 ч; от 141 до 210 ваг/сут. – 4,47 ч; от 70 до 140 ваг/сут. – 1,9 ч; менее 70 ваг/сут. – отсутствует.

6. Предложена методика расчета технологического срока доставки для каждой корреспонденции, которая учитывает технологию перевозочного процесса железнодорожного транспорта.

7. Предлагаемые методические решения возможно реализовать при оптимизации системы организации вагонопотоков, в частности в комплексе задач АСОВ. Результаты расчетов позволят на стадии планирования определять требуемые объемы работ по каждой станции и технологически обоснованный срок доставки. Это обеспечит учет технических возможностей инфраструктуры.

8. Перспективным направлениями развития системы расчета технологического срока доставки грузов является:

– использование предлагаемой методики расчета срока доставки в работе с клиентами, для обеспечения оптимальных затрат в логистической цепи;

– корректировка методики с целью определения срока доставки для приватных вагонов в порожнем состоянии;

– уточнение расчета оборота вагона приватного парка с целью повышения эффективности работы операторских компаний;

– дальнейшее уточнение методики на основе имитационного моделирования и разработка программных средств для комплексного использования на сети дорог ОАО «РЖД».

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в ведущих научных рецензируемых периодических изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Югрина, О.П. Доставка грузов в срок [Текст] / О.П. Югрина, **Л.С. Казанцева**[1] // Железнодорожный транспорт. – 2013. – №9. – С. 60-63.

2. Казанцева, Л.С. Организация доставки грузов в срок за счет сокращения числа переработок в пути следования [Текст] / Л.С. Казанцева // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2013. – №2.– С. 39-43.

[1] В 2015 г. автор диссертации сменила фамилию Казанцева на фамилию Жарикова

3. Казанцева, Л.С. Технологический подход к нормированию сроков доставки грузов [Текст] / Л.С. Казанцева // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – №1-2.– С. 73-76.

4. Казанцева, Л.С. Нормирование сроков доставки грузов и технология перевозочного процесса [Текст] / Л.С. Казанцева, О.П. Югрина // Бюллетень транспортной информации. – 2015. – №6 (240).– С. 29-33.

5. Бессоненко, С.А. О вопросе рационального определения нормативных сроков доставки грузов железнодорожным транспортом [Текст] / С.А. Бессоненко, **Л.С. Жарикова** // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2015. – №4.– С.19-22.

Публикации в журналах и научных сборниках:

6. Казанцева, Л.С. Проблема доставки грузов «точно в срок» [Электронный ресурс] / Л.С. Казанцева // Молодёжь и наука: Сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска. – 2013. – Режим доступа: http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/

7. Казанцева, Л.С. Срок доставки грузов, как условие договора доставки грузов [Текст] / Л.С. Казанцева // Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе. Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию Сибирского государственного университета путей сообщения. Тезисы конференции. Ч.I. – Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2012. – С. 209-211.

8. Чечулина, Ю.А. Сокращение срока доставки грузов при организации движения грузовых поездов по расписанию [Текст] / Ю.А. Чечулина, **Л.С. Казанцева** // Сборник научных трудов SWorld. Материалы Международной науч.-практ. конф. «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте-2013». – № 4. Т.2. – Одесса: Черноморье, 2013. С. 27-30.

9. Казанцева Л.С. Методы обеспечения своевременной доставки грузов железнодорожным транспортом на основе нормативов перевозочного процесса [Текст] / Л.С. Казанцева // Сборник трудов LXXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Транспорт: проблемы, идеи, перспективы». – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. С. 178-179.

10. Казанцева, Л.С. Вопрос рационального определения срока доставки грузов [Текст] / Л.С. Казанцева // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. – 2015. – №1 (7).– С. 11-14.

11. Жарикова Л.С. Совершенствование системы нормирования сроков доставки грузов железнодорожным транспортом [Текст] / Л.С. Жарикова //

Совершенствование технологии перевозочного процесса к 80-летию факультета «Управление процессами перевозок»: сборник научных трудов. – Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2015. С. 112-117.

Свидетельство о регистрации электронного ресурса:

1. Свидетельство о регистрации электронного ресурса №19859 «Методика определения взаимосвязи показателей эксплуатационной работы с доставкой груза «точно в срок»». Авторы Югрина О.П., Чечулина Ю.А., **Казанцева Л.С.**, выдано Институтом научной и педагогической информации, Объединенным фондом электронных ресурсов «Наука и образование» 10 января 2014 года.

Жарикова Лариса Сергеевна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ ПРОСТОЯ ВАГОНОВ НА СТАНЦИЯХ В УВЯЗКЕ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ СРОКА ДОСТАВКИ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок

Подписано в печать 29.06.2016г.
Объем 1,4 усл. печ. лист Тираж 100 экз. Заказ № 182
Издательство Уральского государственного университета путей сообщения
620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66. Тел./факс (343) 221-24-44