

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Дальневосточный государственный университет путей сообщения»
ДВГУПС

На правах рукописи

Одуденко Татьяна Андреевна

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОПУСКА ПОЕЗДОВ ПРИ ПЕРЕРЫВАХ В
ДВИЖЕНИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЧАСТКАХ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО РЕГИОНА**

05.22.08 - «Управление процессами перевозок»

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

кандидат технических наук, доцент

Каликина Татьяна Николаевна

Хабаровск – 2014

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	11
1.1 Состояние и актуальность исследования вопроса организации пропуска поездов при перерывах в движении.....	11
1.2 Анализ научных исследований вопроса организации пропуска поездов при временных перерывах в движении.....	21
1.3 Анализ практического опыта при организации пропуска поездов во время и после перерывов в движении.....	28
1.4 Постановка задач исследования	38
1.5 Выводы по первой главе.....	42
2 КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕРЫВОВ В ДВИЖЕНИИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОСЛЕ ПЕРЕРЫВА	44
2.1 Классификация перерывов в движении.....	44
2.2 Выбор факторов, влияющих на время восстановления движения.....	52
2.3 Определение факторов, влияющих на время восстановления движения на однопутных линиях.....	57
2.4 Определение влияния факторов на время восстановления движения на двухпутных линиях.....	65
2.5 Выводы по второй главе.....	77

3 ВЫБОР ТЕХНОЛОГИИ ПРОПУСКА ПОЕЗДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ПЕРЕРЫВА В ДВИЖЕНИИ И ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	79
3.1 Определение возможных вариантов организации движения	79
3.2 Выбор способов пропуска поездов на двухпутных линиях.....	83
3.3 Выбор способов пропуска поездов на однопутных линиях.....	101
3.4 Определение поездо-часов задержки поездов.....	105
3.5 Экономическая оценка эффективности выбранной технологии пропуска поездов.....	107
3.6 Выводы по третьей главе	112
4 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОВЕРКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫБОРА СПОСОБА ПРОПУСКА ПОЕЗДОВ ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ПЕРЕРЫВОВ В ДВИЖЕНИИ.....	116
4.1 Разработка алгоритма технологии пропуска поездов при перерывах в движении.....	116
4.2 Пример выбора технологии организации движения при заданных параметрах.....	121
4.3 Основные выводы по диссертации.....	129
Библиографический список использованной литературы.....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Листинг программы.....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ 2 Скриншоты вариантных графиков движения поездов на участках Дальневосточного региона.....	152
ПРИЛОЖЕНИЕ 3 Акт о применении результатов диссертационного исследования.....	161

ВВЕДЕНИЕ

Согласно «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» повышение уровня безопасности функционирования железных дорог является государственным приоритетом развития и модернизации отрасли, научных исследований и текущей эксплуатационной работы. Объем перевозок на сети дорог постоянно увеличивается, а инфраструктура требует значительной реконструкции [76].

Для улучшения состояния железнодорожного полотна, в целях повышения уровня безопасности движения поездов, и увеличения скоростей их движения, ОАО «РЖД» разработало обширную программу [53] по усилению верхнего строения железнодорожного пути и повышению качества его содержания. Программой предусмотрена полная замена верхнего строения пути на грузонапряженных направлениях, большие объемы капитального ремонта пути, смягчение профиля и т.п.

Увеличение размеров перевозок ведет к интенсивному использованию железнодорожных направлений в части пропуска поездов и вагонопотоков, повышая уровень их загрузки. Практика работы железных дорог показывает, что на процесс организации движения грузовых и пассажирских поездов большое влияние оказывает состояние технических устройств и подвижного состава. Возникающие в ходе их эксплуатации отказы приводят к снижению пропускной и провозной способности отдельных участков и целых направлений, а также вызывают большие потери, связанные с невозможностью нормального пропуска поездов и вагонопотоков [40].

Актуальность темы исследования. Особое положение железных дорог определяется их возможностью осуществлять круглогодичное регулярное движение, перевозить основную часть потоков массовых грузов и обеспечивать мобильность трудовых ресурсов. Такое значение железных дорог обусловлено

также большими расстояниями перевозок, слабым развитием коммуникаций других видов транспорта в регионах Сибири и Дальнего Востока, удаленностью мест производства основных сырьевых ресурсов от пунктов их потребления и морских портов.

В связи с износом железнодорожного пути, сооружений и устройств их ремонт должен производиться при обеспечении безопасности движения и техники безопасности, как правило, без нарушения графика движения поездов. Ежегодно дороги несут большие потери, связанные с ограничениями скорости движения поездов и авариями, вызванными низким уровнем технического состояния пути и подвижного состава железных дорог. Уже в настоящее время более 14% железнодорожных участков сети железных дорог Дальнего востока функционируют с коэффициентом заполнения пропускной способности, превышающим 0,9. По прогнозам к концу 2015-16 г.г. количество таких участков возрастет до 35-40% . Особенностью выполнения ремонтных работ на железнодорожном транспорте является их производство в условиях непрерывающегося движения грузовых и пассажирских поездов. Для обеспечения этих работ в графике движения предусматриваются перерывы разной продолжительности. В этих условиях возникают существенные проблемы, связанные с пропуском поездов. На однопутных и двухпутных линиях Дальневосточного региона нет возможности пропускать поезда «кружностью». Это вызывает рост эксплуатационных расходов, грузовые и пассажирские поезда пропускаются по участку производства ремонтных работ по одному главному пути, (т.е. участок функционирует как однопутная линия) или временно останавливаются на подходах к ремонтируемому перегону.

Однако, несмотря на наличие достижений в этой сфере, непрерывный процесс развития отрасли железнодорожного транспорта требует проведения дальнейших исследований. Поэтому вопросы обоснования и разработки рационального варианта организации движения в период возникновения перерыва в движении, являются в настоящее время очень актуальными.

Степень разработанности. Проблеме организации движения поездов

большое внимание уделено в трудах следующих ученых: Дьякова Ю. В., Шарова В. А., Богачева А. И., Климова М. Ф., Некрашевича В. И., Яхимовича В. В., Толмачева В. Н., Парамоновой Н. В., и ряда других исследователей в области организации движения поездов.

На основании анализа научной литературы проблемы, связанные с разработкой рациональной технологии пропуска поездов по временно однопутному перегону за время и после предоставления «окна»; рациональной технологии пропуска поездов по однопутному перегону после предоставления «окна» остаются недостаточно изученными.

Объект исследования – однопутные и двухпутные железнодорожные участки, оборудованные автоматической блокировкой, при перерывах в движении поездов, вызванных предоставлением «окон» для ремонтных работ.

Предметом исследования является организация пропуска поездов во время и после перерыва в движении.

Целью работы является разработка комплексной технологии пропуска поездов на двухпутных и однопутных участках во время и после перерывов в движении в условиях проведения «окон» большой продолжительности в Дальневосточном регионе с учетом количества путей для пропуска поездов во время и после «окна», количества путей на станциях, размеров движения грузовых и пассажирских поездов на основе минимизации времени восстановления движения.

Указанная цель предопределила постановку следующих **задач диссертационной работы**:

1. Определение факторов, влияющих на задержки поездов и время восстановления движения.
2. Обоснование степени влияния этих факторов на задержки поездов и время восстановления движения.
3. Оценка влияния способа организации пропуска поездов, на время восстановления движения.

4. Совершенствование комплексной технологии организации пропуска поездов на двухпутных и однопутных участках во время и после перерыва с минимальным временем восстановления движения.

Научная новизна результатов исследования, полученных автором диссертации, состоит в следующем:

- определены факторы, влияющие на время восстановления движения поездов, и проведена оценка степени их влияния на время восстановления движения поездов по нормативному графику;
- разработана комплексная технология, определения времени восстановления движения поездов при организации движения на двухпутных и однопутных линиях при перерывах в движении;
- определены рациональные варианты пропуска поездов с учетом разработанной технологии;
- разработан алгоритм и автоматизированная программа, которые позволяют получать достоверные результаты расчетов, в комплексном решении при выборе рациональной технологии пропуска поездов при перерывах в движении.

Теоретическая значимость исследования заключается в уточнении и дополнении существующей технологии пропуска поездов во время и после перерывов в движении для Дальневосточного региона, а также в разработке алгоритма выбора технологии организации движения поездов на основании полученных аналитических зависимостей минимизации времени восстановления .

Практическая значимость диссертационного исследования определяется тем, что выводы и предложения, изложенные в работе, могут быть использованы при разработке мероприятий по совершенствованию технологии пропуска поездов на железнодорожных направлениях Дальневосточного региона при организации движения во время и после перерывов, а также в учебном процессе.

Методика исследования. В процессе диссертационного исследования теоретической и методологической основой выполненного исследования послужили работы российских и зарубежных учёных и специалистов в области организации движения поездов. Использовались аналитические зависимости для расчета времени восстановления движения поездов.

Область исследования соответствует направлению «Планирование, организация и управление транспортными потоками» по паспорту специальности 05.22.08 – «Управление процессами перевозок»: исследования закономерностей транспортных процессов и транспортных логистических систем, совершенствования существующих и разработки новых технологических решений в организации, управлении перевозочным процессом, в том числе движении поездов.

Положения, выносимые на защиту:

- перечень задач исследования и направление их решения;
- современные проблемы и не полностью исследованные направления теории организации пропуска поездов при перерывах в движении, позволяющие определить основные направления её развития и пути совершенствования;
- классификация факторов и степень их влияния на время восстановления движения при выбранном способе организации движения;
- анализ факторов, влияющих на способ организации движения при перерывах с учетом времени продолжительности производства работ, технической оснащённости железнодорожного участка и размеров движения;
- результаты теоретических исследований, методические и практические рекомендации для организации пропуска поездов в период предоставления плановых перерывов с минимальным временем восстановления движения.

Личный вклад заключается в определении аналитических зависимостей для расчета времени восстановления разработке методики и написания программ расчета для определения рационального способа пропуска поездов для железнодорожных участков Дальневосточного региона России.

Достоверность результатов проведенного исследования диссертационной работы основывается на использовании теоретических и методических работ в области организации движения поездов во время и после перерывов в движении, а также широкой апробации материалов и основных выводов проведенного соискателем исследования на участках Дальневосточного региона.

Апробация результатов исследования. Основные положения диссертации представлялись, обсуждались и получили положительную оценку на международных и всероссийских научно-практических конференциях, в частности:

- Десятом краевом конкурсе-конференции молодых ученых и аспирантов (технические науки) «Наука – Хабаровскому краю», Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск 2008 год;
- Международной научно-практической конференции, Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, 2009 год;
- III Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених 13-15 вересня 2012 року Донецьк - Красний Лиман;
- Первая научно-практическая конференция «Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте – ИСУЖТ – 2012, ОАО НИИАС, 15 -16 ноября 2012 г., г. Москва;
- Первая международная интернет конференция молодых ученых и студентов « Проблемы развития транспортных систем в Евразийском регионе» Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, Україна, 20-21 мая 2013 г.
- Результаты исследования были использованы при подготовке отчёта по теме «Комплексные исследования и получение научно обоснованных

рекомендаций по увеличению транзитного потенциала и развития импортно-экспортного потенциала железнодорожной инфраструктуры за счет увеличения пропускных возможностей Байкало-Амурской магистрали» ДВГУПС, №ГР 01201277232 от 29.10.2012 г.

- Результаты исследования обсуждались на заседаниях кафедр «Организация перевозок и безопасность на транспорте» ДВГУПС в 2011-14 гг. и «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» МГУПС (МИИТ), 2013-2014 гг.

Публикации. По результатам выполненных в диссертации исследований опубликовано 16 печатных работ, общим объёмом 5,4 п.л. (в т.ч. 4,3 печатных листа – авторских), в том числе 2 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации и 3 статьи в международных изданиях.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Состояние и актуальность исследования вопроса организации пропуска поездов при перерывах в движении

В соответствии со Стратегической программой развития ОАО «РЖД» на период до 2030 года в перспективе намечается рост объемов перевозок, что потребует дополнительных пропускных и провозных способностей железнодорожных линий [94].

Стратегия предусматривает 2 этапа развития и модернизации железнодорожного транспорта.

Этап модернизации железнодорожного транспорта (2008 – 2015 годы), предусматривающий обеспечение необходимых пропускных способностей на основных направлениях перевозок, коренную модернизацию существующих объектов инфраструктуры.

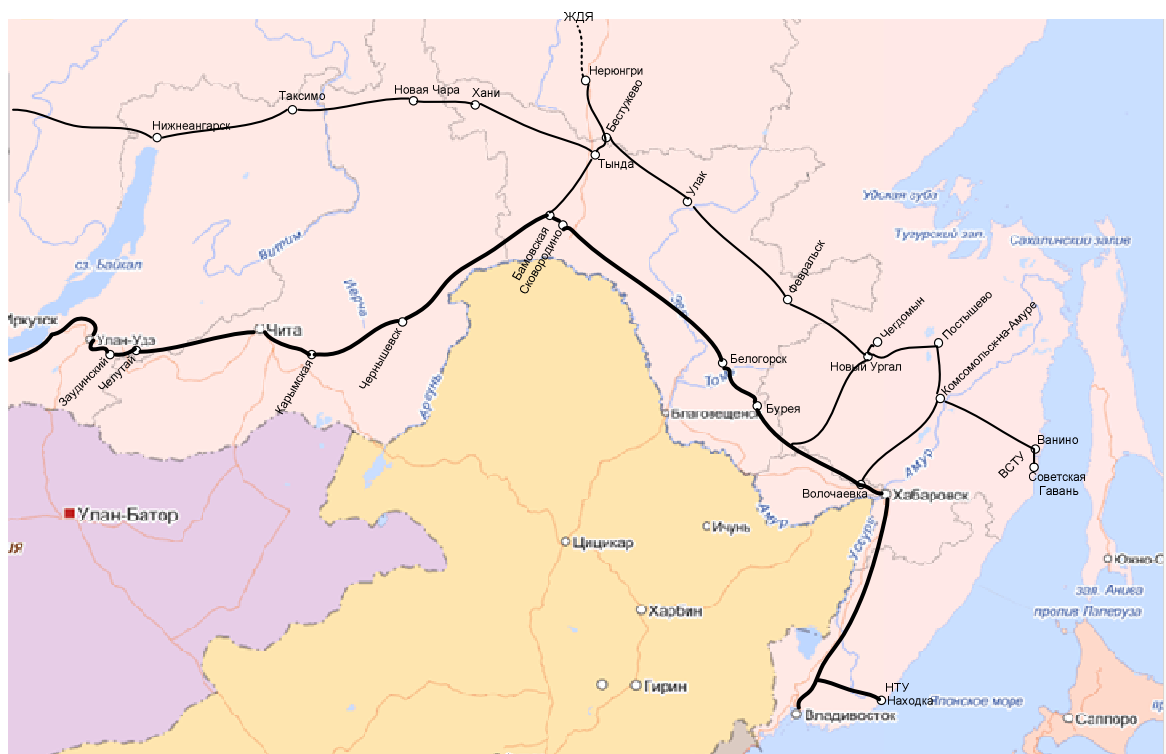
Этап динамичного расширения железнодорожной сети (2016 – 2030 годы), предусматривающий создание инфраструктурных условий для развития новых точек экономического роста в стране, выход на мировой уровень технологического и технического развития железнодорожного транспорта и повышение глобальной конкурентоспособности российского железнодорожного транспорта [78].

В перспективе до 2030 года наибольшей загрузкой будут характеризоваться железнодорожные линии на подходах к Санкт-Петербургскому железнодорожному узлу, Северному Кавказу, портам Приморского края, а также

железнодорожные линии на подходах к Дальнему Востоку, на выходах из Западной Сибири и Урала, на подходах к Московскому железнодорожному узлу.

Это обусловлено тем, что инфраструктура железнодорожного транспорта Дальневосточного региона является определяющей для развития Сибири, Дальнего Востока и всей экономики Российской Федерации. Зоны, прилегающие к железнодорожным участкам данного региона, обладают крупными запасами углеводородного сырья и других полезных ископаемых. Значительный рост перевозок будет связан в основном с разработкой новых месторождений угля и руды в Республике Саха (Якутия) и в других субъектах Российской Федерации Дальневосточного региона, намечаемым строительством терминалов в портах Ванино и Советская Гавань для экспорта грузов в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, а также со специализацией Транссибирской железнодорожной магистрали для контейнерных и пассажирских перевозок [85].

Перераспределение грузопотоков на рынки Азиатского направления привело к увеличению загруженности и росту ограничений железнодорожной инфраструктуры в регионах Дальнего Востока (рисунок 1.1).



Источник: сайт www/map.ru

Рисунок 1.1 – Карта Дальневосточного региона России

Учитывая интенсивное развитие портовых мощностей страны, на подходах к морским портам Северо-Запада к 2030 году можно ожидать рост объемов перевозок грузов железнодорожным транспортом в 1,5 – 2 раза, портам Дальнего Востока – до 2 раз по отношению к существующему уровню [31].

Наибольший рост грузопотоков ожидается на Байкало-Амурской магистрали (БАМ), особенно на подходах к портам Хабаровского края (Ванино, Советская Гавань), где в настоящее время объемы перевозимых грузов в сторону портов не превышают 7 млн. т/км/км, к 2030 году они могут возрасти в 7 – 10 раз (рисунок 1.2).

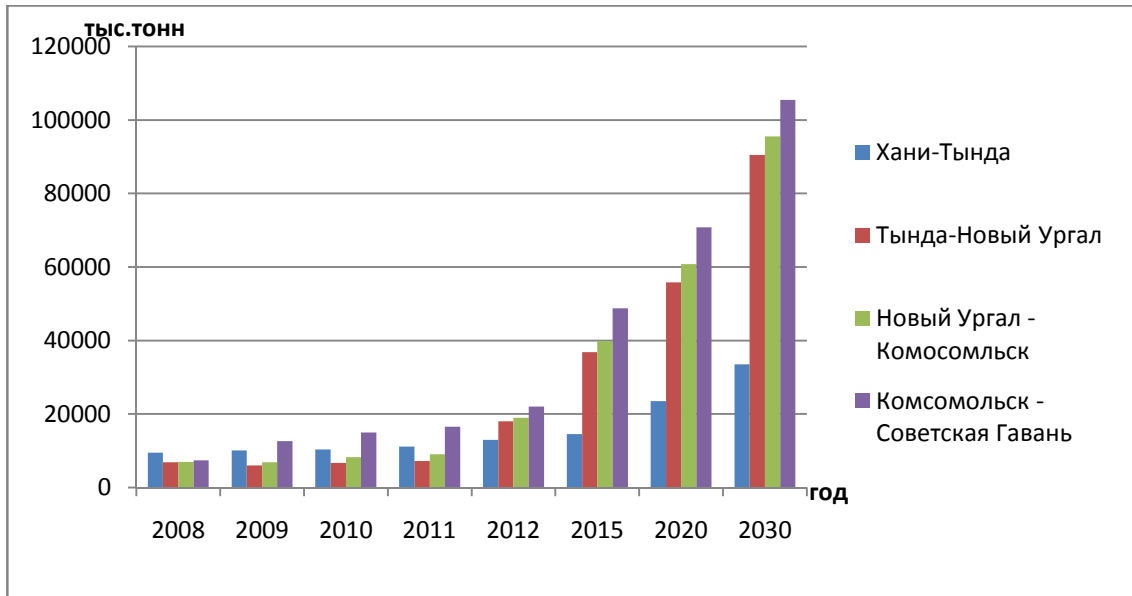
Таблица 1.1 – Объемы перевозок по участкам БАМа в четном направлении на период с 2008 по 2030 годы

Участок/год, тыс.тонн	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020	2030
Хани–Тында	9528	10112	10369	11147	13000	14500	23500	33500
Тында–Новый Ургал	6894	6025	6695	7208	18000	36800	55800	90500
Новый Ургал– Комсомольск	6944	6915	8269	9016	19000	39800	60800	95500
Комсомольск – Советская Гавань	7384	12669	14938	16521	22000	48800	70800	105500

Источник: по данным Дальневосточной железной дороги – филиала ОАО «РЖД»

Начиная с 2008 года на восточном участке Байкало-Амурской магистрали, по направлению к порту Ванино, наблюдается значительный рост перевозок (в четном направлении), объемы перевозок по участкам БАМа на период с 2008 по 2030 годы представлены в таблице 1.1 и на рисунке 1.2.

Так, в 2009 году количество тонн перевезенного груза увеличилось на 71%, такой резкий скачок можно объяснить выходом из мирового финансового кризиса. В последующих годах, рост перевозок снизился, так, в 2010 году увеличение составило 18%, в 2011 году – 10%, в 2012 – 33% [37].



Источник: по данным Дальневосточной железной дороги – филиала ОАО «РЖД»

Рисунок 1.2 – Объемы перевозок по участкам БАМа в четном направлении

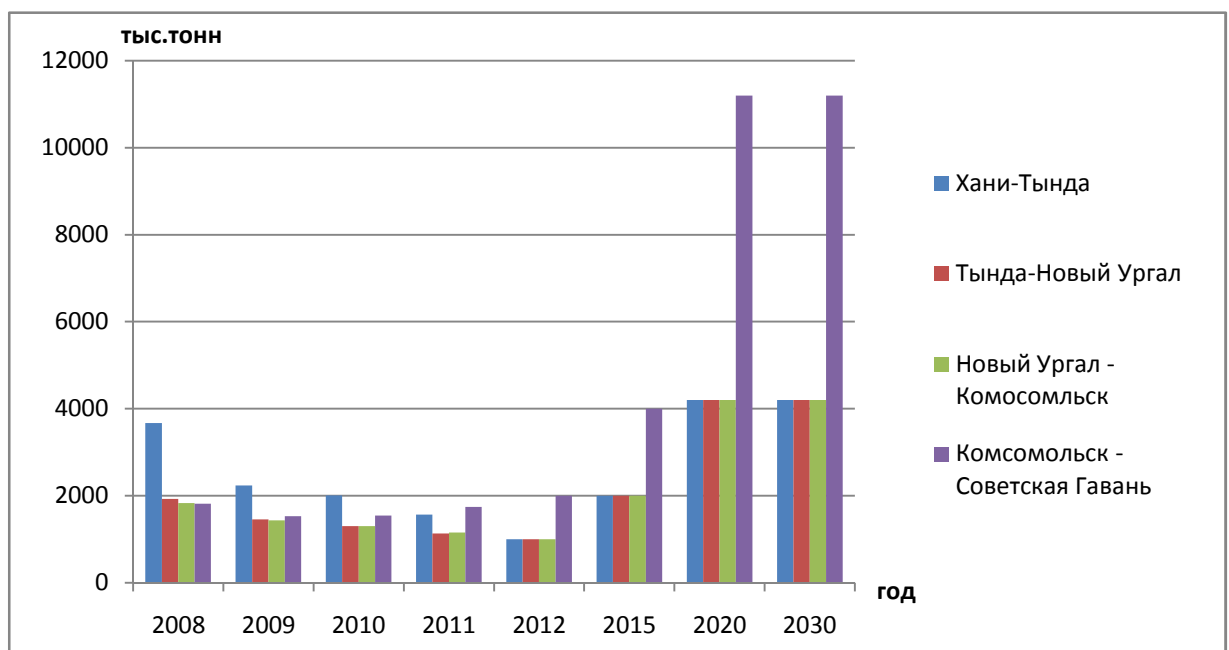
С 2013 года по 2030 год увеличение перевозок планируется за счет разработки новых месторождений угля и руды в Республике Саха (Якутия) и в других субъектах Российской Федерации [85].

Таблица 1.2 – Размеры перевозок по участкам БАМа в нечетном направлении

Участок/год, тыс.тонн	2008	2009	2010	2011	2012	2015	2020	2030
Хани-Тында	3669	2237	2011	1568	1000	2000	4200	4200
Тында-Новый Ургал	1928	1455	1299	1130	1000	2000	4200	4200
Новый Ургал - Комсомольск	1832	1435	1305	1154	1000	2000	4200	4200
Комсомольск - Советская Гавань	1815	1529	1547	1742	2000	4000	11200	11200

Источник: по данным Дальневосточной железной дороги – филиала ОАО «РЖД»

В нечетном направлении на участках Байкало-Амурской магистрали, начиная с 2008 года по 2012 год, прослеживается уменьшение грузопотока. Это связано с тем, что практически все контейнерные перевозки в западном направлении перешли на Транссибирскую магистраль, чем увеличили рост перевозок на данном полигоне. Начиная с 2013 года, предполагается рост объема грузовых перевозок по БАМу: в 2015 году в 2 раза, к 2030 году – в 5 раз (объемы перевозок по участкам в нечетном направлении представлены в таблице 1.2 и на рисунке 1.3).



Источник: по данным Дальневосточной железной дороги – филиала ОАО «РЖД»

Рисунок 1.3 – Объемы перевозок по участкам БАМа в нечетном направлении

К 2015 г. планируется реализовать целый ряд масштабных инвестиционных проектов, направленных на увеличение пропускной и провозной способности различных направлений, в том числе реконструкция участка Хасан-Раджин, Артем-3 Шкотово, Шкотово-Смоляниново на Дальнем Востоке, что вызвано необходимостью спрямления пути посредством ликвидации кривых малого радиуса для обеспечения беспрепятственного пропуска поездов массой 6300 т и более [76].

Наряду с другими железнодорожными направлениями большого внимания требует главная (широтная) линия БАМа – участок Усть-Кут (на р.Лене) – Комсомольск-на-Амуре (3110 км). К ней прилегают два участка, построенные в конце 40-х – начале 50-х годов XX века: Тайшет – Усть-Кут и Комсомольск-на-Амуре – Советская Гавань. С Транссибирской железнодорожной магистралью БАМ связывается тремя соединительными линиями: Бамовская – Тында, Известковая – Ургал и Волочаевка – Комсомольск. К рассматриваемому моменту времени двухпутная железнодорожная линия на электрической тяге построена от Тайшета до Лены (704 км) и однопутная – от Лены до Таксимо (725 км), на остальном участке БАМа функционирует однопутная железнодорожная линия с тепловозной тягой.

На основе анализа состояния верхнего строения пути участков БАМа и возможных способов его приведения в соответствие Стандарту ОАО "РЖД" 1.07.002-2010 установлено, что конструкция верхнего строения пути на направлении Хани – Комсомольск-на-Амуре – Советская Гавань всего на 32/64 км (1,3/2,6%) из 2449 км соответствует требованиям Стандарта (уложены бесстыковая конструкция пути на железобетонных шпалах / путь на железобетонных шпалах). Следовательно, практически на всем протяжении Северного широтного хода необходимо заменить верхнее строение пути в соответствии с требованиями Стандарта. Из 2449 км общей протяженности главного пути полигона 1645 км (67%) эксплуатируется с момента укладки без замены рельсошпальной решетки более 20 лет [37].

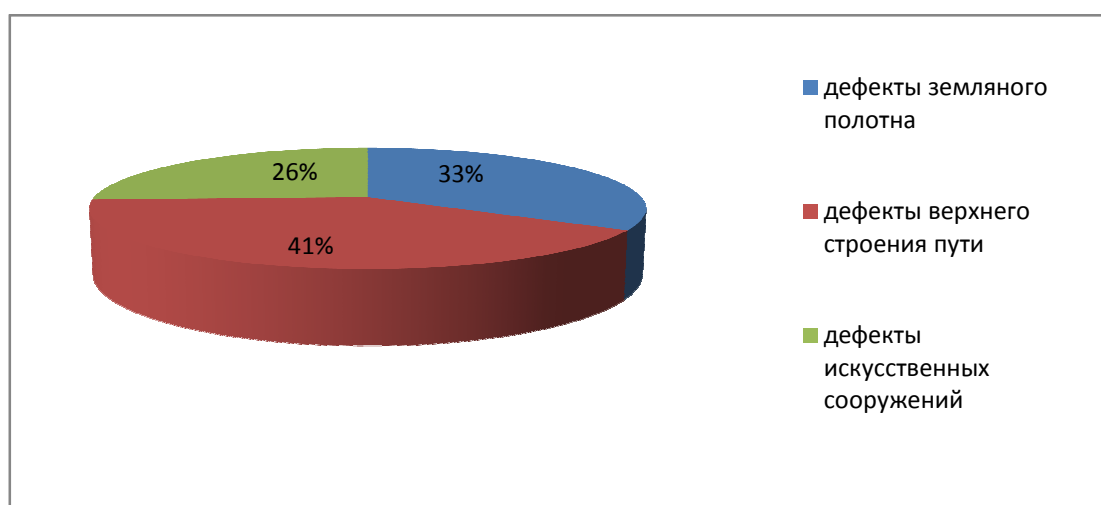
В настоящее время в области развития инфраструктуры железнодорожного транспорта предусматривается улучшение условий для увеличения государственных и частных инвестиций в инфраструктурные проекты, строительство новых железнодорожных линий, собственниками которых будут открытое акционерное общество "Российские железные дороги", государство и частные собственники в различных соотношениях [94].

Для реализации этапов программы развития железнодорожного транспорта [76] предусмотрены следующие мероприятия по модернизации железнодорожной инфраструктуры:

- усиление и реконструкция железнодорожных линий и участков;
- ликвидация ограничений пропускной способности участков сети, вызванных дефектностью больших искусственных сооружений, путем их реконструкции и строительства новых.

Анализ состояния земляного полотна БАМа и возможных способов его усиления (реконструкции) показал, что отсутствие четко регламентированной нормативной документации по оценке состояния земляного полотна не позволяют объективно определить устойчивость деформирующихся мест и принять обоснованное решение по обеспечению безопасности движения поездов.

В настоящее время по однопутным направлениям Дальневосточного региона объем перевозок в грузовом направлении составляет порядка 12 млн. тонн в год. Ограничение пропускной способности этих участков вызвано закрытием отдельных пунктов в период спада перевозок в 90-х гг. XX века, наличием участков, где нарушены межремонтные сроки, имеются дефекты земляного полотна, верхнего строения пути и искусственных сооружений (рисунок 1.4).



Источник: составлена автором

Рисунок 1.4 – Причины ограничения пропускной способности участков

Основными принципами эксплуатационной работы железных дорог являются:

- строгое соблюдение безопасности движения;
- неукоснительное выполнение требований правил и инструкций;
- обеспечение высоких показателей использования технических средств железнодорожного транспорта, что достигается чётким выполнением технологических процессов работы;
- выполнение перевозок с минимальными затратами денежных и материальных средств и труда, наиболее эффективное использование вагонов и локомотивов [22].

Организация движения на железнодорожном транспорте заключается в непосредственном осуществлении перевозок грузов и пассажиров по железнодорожным линиям – с объединением и согласованием для этой цели деятельности всех работников транспорта (локомотивные бригады, вагонники, путейцы, и др.) и всех технических средств (локомотивы, вагоны, пути, тяговые подстанции и др.), которые участвуют в перевозках.

Основой организации движения поездов по инфраструктуре является сводный график движения поездов, который объединяет деятельность всех подразделений, выражает заданный объем эксплуатационной работы подразделений владельцев инфраструктуры [77]. Объединяя и корректируя работу этих подразделений, график движения дает возможность осуществить взаимодействие между ними.

Показателем, определяющим допускаемые скорости и уровень безопасности движения, является положение рельсовых нитей в плане и профиле пути. К основным факторам, влияющим на это, относятся качество верхнего строения пути и соблюдение типовых параметров конструкции в эксплуатации и при проведении ремонтно-путевых работ [18].

Ремонт сооружений и устройств должен производиться при обеспечении безопасности движения и техники безопасности, как правило, без нарушения графика движения поездов. Особенностью выполнения ремонтно-путевых работ

на железнодорожном транспорте является их производство в условиях непрерывающегося движения грузовых и пассажирских поездов [34]. Для обеспечения этих работ в графике движения предусматриваются «окна» разной продолжительности. В этих условиях возникают существенные проблемы, связанные с пропуском грузовых и пассажирских поездов.

Для снятия напряженности при организации движения по участку, где производятся ремонтные работы, поезда, могут перенапрявляться по параллельным ходам или следовать «кружностью». В условиях географического расположения и ограниченной развитости линий Дальневосточной железной дороги отсутствует возможность следования поездов «кружностью», поэтому грузовые и пассажирские поезда пропускаются по участку с перерывом в движении. В этом случае на двухпутных линиях по одному главному пути организуется пропуск поездов встречных направлений, т.е. участок функционирует как временно однопутная линия.

После перехода к новой системе управления на железнодорожном транспорте планирование перерывов в движении («окон») на участках в соответствии с утвержденным планом-графиком осуществляет Дирекция инфраструктуры (ДИ), а Дирекция управления движением (ДУД) обеспечивает своевременное продвижение вагонопотока, следовательно, варианты организации движения стало важно рассматривать с учетом конкретных функций указанных Дирекций.

Оптимизация затрат на техническое обслуживание железнодорожного пути при соблюдении соответствующего уровня реализуемых скоростей и безопасности движения является одним из важнейших направлений деятельности ДИ.

Из вышеперечисленного следует, что с реструктуризацией отрасли железнодорожного транспорта и с созданием Дирекции инфраструктуры и управления движением их задачи разделились: ДИ следит за состоянием пути, обеспечивая его ремонт, а ДУД в свою очередь организует движение, при этом отсутствует четкий регламент взаимодействия этих структур. Это приводит:

- к несвоевременному формированию поездопотока при ограничении движения по одному из путей во время перерыва в движении;
- нерациональному подбору варианта пропуска поездов во время и после перерыва;
- значительно большим задержкам поездов;
- значительным опозданиям поездов, проследующих крупные станции, прибывающих на конечные станции, а также отправляющихся с начальных станций;
- снижению качества и сроков доставки грузов;
- возникновению дополнительных трудностей в работе сортировочных и участковых станций по подготовке и обслуживанию составов;
- и т.п.

Современные условия требуют технико-экономического обоснования при принятии решений о периодичности и объемах технического обслуживания, минимизации затрат за период жизненного цикла железнодорожного пути, при соблюдении движения поездов, как средства обеспечения равномерного и устойчивого перевозочного процесса. Железнодорожный путь необходимо ремонтировать при любых размерах движения грузовых и пассажирских поездов. Поэтому перерывы в движении поездов неизбежны. В настоящее время большинство вопросов организации пропуска поездов во время и после перерывов в движении уже решено. Однако вариантов пропуска поездов существует множество, вместе с тем достаточно сложно без расчетов решить, какой из них будет оптимальным как с эксплуатационной, так и с экономической точки зрения.

1.2 Анализ научных исследований, вопроса организации пропуска поездов при временных перерывах в движении

Важнейшим организующим средством в улучшении эксплуатационной работы железных дорог является сводный график движения поездов (ГДП). Движение поездов по графику обеспечивается соблюдением норм и правил, правильной организацией и выполнением технологического процесса работы железнодорожных станций, депо, тяговых подстанций, пунктов технического обслуживания и других подразделений железнодорожного транспорта, связанных с движением поездов [77].

Общетеоретической и методической базой исследования в диссертационной работе стали основополагающие работы А.Д. Каретникова, Н.А. Воробьева, В.М.Акулиничева, Ю.Ф. Антонова, А.Ф. Бородина, К. А. Бернгарда, В.А. Кудрявцева и др.

Проблеме организации движения поездов большое внимание уделено в трудах следующих ученых: докторов технических наук Дьякова Ю. В. [24], Шарова В. А. [98], кандидатов технических наук: Богачева А. И. [7-9], Климова М. Ф. [34], Некрашевича В. И. [49-50], Яхимовича В. В. [104-106], Толмачева В. Н. [91-93], Парамоновой Н.В. [73], и др.

Анализ факторов, оказывающих влияние на дополнительные простои поездов, вызванные недостатком пропускной способности перегона, во время проведения капитального ремонта одного из путей, был выполнен Светлаковой Е. Н. [80]. Также в работе исследована динамика изменения наличной и потребной пропускных способностей перегона, при проведении капитального ремонта одного из путей, в результате чего обоснован теоретический закон распределения изменения суммарных задержек поездов, вызванных недостатком пропускной способности рассматриваемого участка. Исследования автора с использованием оптимизационной программы, позволяющей при заданных

размерах движения, длине ремонтируемого перегона, перегонном времени хода грузовых поездов выбрать наиболее целесообразные с экономической точки зрения время начала «окна», его продолжительность, проводились в условиях работы Забайкальской железной дороги.

Толмачев В.Н. в кандидатской диссертации [92] выделяет три технологии организации поездной работы в зависимости от выбранных критериев оценки эффективности варианта пропуска грузовых и пассажирских поездов через ограничивающий участок. Задача выбора оптимального варианта проследования грузовых поездов через ограничивающий участок может решаться на основе одного из двух критериев: минимизации времени задержек поездов или минимизации эксплуатационных расходов. Автор в своей работе создал обоснованную методику оперативного управления пропуском грузовых и пассажирских поездов через ограничивающий участок в период проведения ремонтно-строительных работ, что позволило сократить потери, связанные с задержками поездов, и повысить уровень автоматизации принятия управленческих решений диспетчерским персоналом.

Богачевым А.И. [7] обоснована зависимость средних и наибольших «окон» от неидентичности перегонов по пропускной способности, что может быть использовано для определения величин простоев и скоплений поездов на отдельных пунктах; на основе анализа зависимости размеров «окон» для однопутных перегонов от организации пропуска поездов по отдельным пунктам доказана возможность увеличения наибольших размеров «окон» без капитальных затрат за счет применения наиболее рациональной схемы организации пропуска поездов по участку.

В работе [9] Богачева А.И. изложена методика для определения экономически выгодной продолжительности «окна», при которой обеспечиваются минимальные суммарные затраты средств на выполнение заданного на участке объема ремонта пути и на поездную работу за время выполнения этого объема работ. Применение этой методики описывается автором для применения на двухпутном перегоне при выделении по одному пути «окна» небольшой

продолжительности. В работе максимально учтены простои поездов в пунктах оборота.

Зависимость задержек поездов при предоставлении «окна» с учетом дополнительных простоев локомотивов в пунктах оборота провел в кандидатской диссертации Мельник А.Л. [48]. В своей работе он доказал, что пропускная способность участков зависит от периода графика, количества поездов в пакете и интервалов между ними. Автор считает, что применение одностороннего и двухстороннего непакетного графика возможно лишь на участках с небольшим резервом пропускной способности, для двухстороннего движения поездов по неремонтируемому пути автором предлагается формула для расчета количества поездов в пакете, исходя из условия обеспечения максимальной пропускной способности участка.

Климов М.Ф. [34] в своей работе, основываясь на опыте работы и ремонта пути Западно – Сибирской железной дороги, исследовал зависимость пропускной способности временно однопутного перегона от продолжительности «окна», периода непакетного графика, размеров движения и методов организации движения на участках двухпутных линий. Также он установил характер изменения возможных задержек поездов за время «окна» при различных методах пропуска поездов в зависимости от размеров движения, периода графика и продолжительности «окна».

Рациональная продолжительность «окна» с учетом производительности путейских формирований, типа верхнего строения пути, вида тяги, длин станционных путей, способа пропуска поездов по временно однопутному перегону установлена Дьяковым Ю.В. в работе [24], где отмечено, что продолжительность «окна» зависит от общих размеров движения поездов на участке. Автор определяет, что предоставление длительных «окон» в графике движения требует особого подхода к разработке способа производства путевых работ, так чтобы длина приемоотправочных путей на станциях, ограничивающих закрытый перегон, не влияла на фронт работ, а также на работу сортировочных

станций, так как это ведет к резкому увеличению расходов, связанных с задержками поездов.

Влияние пропускной способности железнодорожного направления, продолжительность «окна», способы пропуска поездов по временно однопутному перегону исследуется Вуйтовичем М. [20]. В работе рассматривается пропуск поездов с остановкой и без остановки перед ограничивающим перегонном и изменяющимся коэффициентом пакетности, при условии различной интенсивности подхода поездов к ремонтируемому перегону. Исследования автора проводятся в условиях работы польских железных дорог, в результате чего решается задача комплексного выбора технико-технологических параметров и способов пропуска поездов при выделении «окон» в графике движения. Также устанавливается, что потери пропускной способности при пропуске поездов без остановки перед ограничивающим перегонном, по сравнению с пропуском их с остановкой, уменьшаются в зависимости от продолжительности «окна» и интенсивности подхода поездов. Автор отмечает, что увеличение продолжительности «окна» в графике движения влияет на длину путеразборочного и путеукладочного поездов.

«Окна» большой продолжительности, при различных размерах движения поездов, рассмотрены Яхимовичем В. В. [105]. Автором исследована проблема повышения эффективности эксплуатационной работы в условиях новой технологии производства работ. Исследования показали, что при размерах движения до 40 пар поездов в сутки большие по продолжительности «окна» не вызывают роста суммарных задержек грузовых поездов, а при размерах движения 60 пар поездов в сутки применение таких «окон» является нерациональной мерой.

Паромоновой Н. В. [73] разработана рациональная технология пропуска поездов во время «окна» для проведения ремонтно-строительных работ. Автором определены и рассчитаны показатели задержек поездов без учета пассажирского, проведена проверка аналитических зависимостей при организации пропуска поездов по пакетному и частично-пакетному графику движения, исследовано

влияние пассажирского движения на задержки поездов при предоставлении «окна» для ремонтно-строительных работ.

В результате, анализа научных исследований вопроса организации пропуска поездов, при временных перерывах в движении заключение о том, что *аналитические зависимости потерь поездо-часов и локомотив-очасов, вызванных предоставлением «окна», от его продолжительности* в своих работах приводят: Климов М.Ф., Мельник А.Л., Дьяков Ю.В. и др. В этих работах исследованы зависимости с учетом только одного фактора. Хотя влияние на время восстановления движения поездов по нормативному графику может оказывать различное сочетание этих факторов.

Исследованиями в области *повышения пропускной способности перегонов и участков при ремонтно-строительных работах во время предоставления «окна» в графике движения поездов* занимались такие ученые, как Дьяков Ю. В., Шаров В. А., Воробьев Н. А., Козлов В. Е., Мельник А. Л., Климов М. Ф., Богачев А. И., и др.

Вопросы *оптимальной продолжительности «окна»* исследовали: Антонов Ю. А., Богачев А. И., Каретников А. Д., Дмитренко А. В., Тихомиров И. Г., Мельник А. П., Климов М. Ф., Яхимович В. В., Вуйтович М. и др.

Несмотря на широкий круг рассмотренных вопросов в этой области, пропуск поездов во время «окна» затрагивает и такие, как определение дополнительных задержек поездов при различных графиках движения поездов во время и после перерыва в движении, влияние пассажирского движения на задержки грузовых поездов, выбор способа прокладки поездов во время проведения «окна». Исследования в этой области уже доказали, что на устойчивость работы линий в значительной степени влияет число поездов, которое пропускается по ремонтируемому перегону, и чем оно больше, тем в меньшей степени чувствительна станция к перерыву в движении. Также была разработана методика [9] расчета потерь, связанных с задержками поездов и локомотивов во время плановых перерывов в движении при одностороннем и двухстороннем пропуске поездов по временно однопутному перегону.

Аналитическая зависимость задержек поездов при предоставлении «окна» была рассмотрена в работе [48], где доказано, что пропускная способность участка зависит от периода графика, количества поездов в пакете и интервалов между ними. Факторный анализ проводился в одной из работ [92] на основе построенных вариантных графиков, где было получено, что влияние на дополнительные простои поездов оказывает недостаточная пропускная способность линии.

В соответствии с известными ранее методиками, в которых в комплексе не рассматривались параметры: количество путей для пропуска поездов во время и после перерыва; место расположения «окна» по отношению к сортировочной станции; путевое развитие промежуточных станций, ограничивающих ремонтируемый перегон; размеры движения грузовых и пассажирских поездов. Следует отметить, что в уже существующих методиках организации движения поездов во время и после перерыва не учитываются дополнительные параметры, а основные рассматриваются по отдельности. Также анализ проведенных ранее исследований показал, что большинство из них рассматривались без учета влияния пассажирского движения и только для временно однопутного перегона. В настоящее же время пассажирские поезда пропускаются строго по расписанию независимо от возникновения или предоставления перерыва, чем увеличивают задержки грузовых поездов и влияют на способ организации движения.

Таким образом, анализ по исследуемому вопросу показал, что в современных условиях возникла потребность в совершенствовании технологии, комплексного решения задачи организации пропуска поездов на однопутных и двухпутных линиях при перерывах в движении с учетом ограничивающих факторов и при условиях реструктуризации отрасли. Вместе с тем недостаточно изученными остаются проблемы:

- пропуска поездов в период и после перерыва в движении, с учетом пропуска пассажирских поездов по расписанию;

- рациональной технологии пропуска поездов по временно однопутному перегону за время и после предоставления «окна» с наименьшим временем восстановления движения;
- рациональной технологии пропуска поездов по однопутному перегону после предоставления «окна» с наименьшим временем восстановления движения;
- поиска оптимального варианта организации пропуска поездов при фактической продолжительности «окна» с минимальным временем восстановления движения и расходами, связанными с организацией пропуска поездов по перегону в период и после «окна».

В данной диссертационной работе учтены результаты всех изложенных работ, и она является логическим продолжением развития всех проведенных ранее исследований.

1.3 Анализ практического опыта при организации пропуска поездов при временных перерывах в движении

В настоящее время региональными дирекциями управления движением совместно с региональными дирекциями инфраструктуры ежегодно разрабатываются организационно-технические мероприятия по обеспечению безусловного пропуска планового объема поездопотока с установленными нормативами. Поэтому в настоящих условиях варианты организации движения необходимо рассматривать с учетом мнений ДИ, которая осуществляет планирование «окон» на участках и Дирекции Управления движением ДУД, которая разрабатывает вариантные графики пропуска поездов и контролирует их выполнение. ДИ при расчёте оптимальной продолжительности «окон» предусматривает обеспечение выработки не ниже расчетной, снижение расходов на выполнение работ и затрат, связанных с задержками поездов на весь период проведения работ.

Для ДУД при организации движения при плановых перерывах, минимизации времени восстановления движения поездов можно достичь, если заблаговременно определить тот способ пропуска, который при имеющемся техническом оснащении линии будет иметь наименьшие задержки поездов. Основной проблемой управления движением является отсутствие комплекса взаимосвязанных решений, охватывающих методику составления вариантных графиков движения поездов, которые использовались бы работниками аппарата управления движением в ситуациях, связанных с перерывами в движении поездов.

Для освоения растущего объема перевозок требуется все больше поездов, а перерывы в движении увеличивают потери времени при их следовании и уменьшают пропускную способность линии.

Для производства больших по объему ремонтных и строительных работ в графике движения поездов предусматриваются «окна» и учитываются ограничения скорости, вызываемые этими работами.

В современных условиях организации работ и движения поездов оптимальная производительность «окна» при производстве капитального ремонта пути с применением тяжелых машин составляет для однопутных линий 6–12 ч, а для двухпутных 8–24 ч.

При выполнении других видов работ (средний ремонт пути, электрификация линий, работы на искусственных сооружениях и т.п.) продолжительность «окон» может быть как меньше, так и больше. При проведении работ по электрификации линий «окна» часто не превышают 6 ч, а при ремонте пути с концентрацией на участке нескольких комплектов машин достигают 32 ч.

«Окно» на перегон создает перерыв в движении поездов на протяжении 150–200 км, что дает возможность проводить ремонтные и строительные работы комплексно всеми Дирекциями. В одно и то же «окно» в полосе перерыва движения могут работать несколько путевых машинных станций, выполняющих капитальный и средний ремонты пути. В это же «окно» возможны одновременный капитальный ремонт контактной сети, устройств сигнализации и связи, а также различные строительные работы. В результате такой организации работ достигается значительная экономия «окон» и соответственно сокращается время занятия перегонов [105].

В настоящее время на Дальневосточной дороге «окна» для ремонтно-строительных работ продолжительностью от 2 до 12 часов предоставляются, как правило, в светлое время суток. На участках с особо интенсивным движением поездов «окна» могут предоставляться и в темное время суток [67].

В целях сокращения задержек поездов в период предоставления «окон» на дороге применяются следующие организационно-технические мероприятия [1], позволяющие повысить использование пропускной и провозной способности участка:

- организация обращения соединённых поездов при этом, если предусматривается следование соединённых поездов по всему направлению, то они соединяются на станции формирования или выполнения технических операций с ними. Влияние вождения соединённых поездов на пропускную и провозную способности рассчитывается и анализируется отдельно для каждого конкретного участка;
- организация двухстороннего пакетного движения поездов в период «окна» на временно однопутном перегоне;
- обеспечение мер по проследованию железнодорожных поездов с установленной скоростью;
- своевременное внесение изменений в приказ начальника дороги об устанавливаемых скоростях движения поездов, проведение инструктажа в локомотивных депо;
- концентрация выполнения работ различными службами с максимальным использованием технических средств на закрытом перегоне;
- выделение наиболее квалифицированных поездных диспетчеров для дежурства в дни предоставления «окон»;
- обеспечение на период производства ремонтно-строительных работ необходимого количества локомотивов, локомотивных бригад, путевых машин и механизмов, материалов, дополнительного штата работников региональных дирекций.

В целях ускорения отправления хозяйственных поездов к месту работ, а также беспрепятственного приёма их с закрытого перегона в дни предоставления окон, в помощь дежурному по станции выделяется помощник, по квалификации – не ниже дежурного по станции. Продолжительность и порядок работы помощника устанавливается начальником региональной дирекции управления движением [27].

Для обеспечения своевременного вывода поездов с сортировочных станций и пунктов оборота необходимо иметь резерв локомотивных бригад.

Организационно-технические мероприятия по выполнению работ во время перерывов в движении и обеспечению нормальной эксплуатации железных дорог в период их предоставления по магистральным направлениям сети утверждается ОАО «РЖД», а по остальным участкам – начальником Дирекции управления движением. Эти мероприятия являются основанием для разработки вариантного графика движения поездов с «окнами» и последующего составления детальных графиков работы путевых машинных станций, дистанций пути, сигнализации и связи, участков энергоснабжения и других подразделений.

По данным исследования возможностей Дальневосточной дирекции по ремонту пути они составляют около 300 км капитального ремонта пути в год. Нормы выработки (w) одной ПМС зависят от времени перерыва и составляют при «окне»: 8-часовом 1600 м пути, 10-часовом 2000 м, 12-часовом 2300 м, 16-часовом 3000 м, 20-часовом 3600, 24-часовом 4300 м. Текущее содержание на однопутных участках Дальневосточной железной дороги осуществляют 15 дистанций пути: ПЧ-15 (Литовко), ПЧ-16 (Комсомольское), ПЧ-18 (Высокогорненская), ПЧ-19 (Совгаванская), ПЧ-20 (Юкталинская), ПЧ-22 (Тында-Бамовская), ПЧ-23 (Беркакитская), ПЧ-24 (Дипкунская), ПЧ-25 (Верхнезейская), ПЧ-26 (Февральская), ПЧ-27 (Этыркенская), ПЧ-28 (Тырминская), ПЧ-29 (Ургальская), ПЧ-30 (Амгуньская), ПЧ-31 (Горинская).

Дистанции пути укомплектованы работниками:

- на текущем содержании пути –73%,
- на текущем содержании искусственных сооружений –87%
- на текущем содержании земляного полотна –66%.

По данным Центральной дирекции по ремонту пути, средний износ путевой техники, находящейся на балансе ПМС Дальневосточной дирекции по ремонту пути, составляет 85%.

Для ликвидации существующей просроченности капитального ремонта пути с использованием мощностей данной Дирекции потребует не менее 6 лет

[37]. В связи с этим, а также учитывая плановый капитальный и другие виды ремонта пути Дальневосточной железной дороги, необходимо развивать базы ПМС Дальневосточной ДРП.

Исследование пропускной способности однопутных участков в пределах Дальневосточной железной дороги (направление Хани – Тында – Комсомольск – Советская Гавань) показало (рисунке 1.5), что наличная пропускная способность участка Хани–Тында составляет 11+3 поездов/сутки (11 грузовых поездов + 3 пассажирских поезда, далее по тексту аналогично) в нечетном направлении и 13+3 в четном. Потребная пропускная способность – 10 и 11 поездов/сутки соответственно в нечетном и четном направлениях. Самым «узким» местом является участок Ларба – Юктали. Коэффициент заполнения пропускной способности составляет 0,90 (рисунок 1.6).

Наличная пропускная способность участка Тында – Февральск составляет 9+1 пар поездов/сутки (рисунок 1.5). Потребная пропускная способность – 5 и 7 поездов/сутки соответственно в нечетном и четном направлениях. Коэффициент заполнения пропускной способности составляет 0,78.

Наличная пропускная способность участка Февральск–Постышево составляет 9+1 пар поездов/сутки (рисунок 1.5). Потребная пропускная способность участка Февральск – Постышево составляет 7 и 9 поездов/сутки соответственно в нечетном и четном направлениях. Самым «узким» местом является участок Ургал-1–Постышево. Коэффициент заполнения пропускной способности составляет 1,0 (рисунок 1.6) .

Наличная пропускная способность участка Постышево – Комсомольск-сортировочный составляет 10+1 поездов/сутки в нечетном направлении и 12+1 в четном (рисунок 1.5). Потребная пропускная способность участка Постышево–Комсомольск-сортировочный – 8 и 10 поездов/сутки соответственно в нечетном и четном направлениях. Самым «узким» местом является участок Постышево–Хурмули. Коэффициент заполнения пропускной способности составляет 0,83 (рисунок 1.6).

Наличная пропускная способность участка Комсомольск-сортировочный– Ванино –Советская Гавань составляет 18+1 поездов/сутки в нечетном направлении и 22+1 в четном (рисунок 1.5). Потребная пропускная способность участка Комсомольск-сортировочный–Ванино–Советская Гавань–14 и 15 поездов/сутки соответственно в нечетном и четном направлениях. Самым «узким» местом является участок Комсомольск-сорт. – Высокогорная. Коэффициент заполнения пропускной способности составляет 0,78 (рисунок 1.6).

Наличная пропускная способность участка Ургал-1 – Чегдомын (рисунок 1.5) удовлетворяет потребной, так как на данном участке не предполагается роста транзитного грузопотока (28 пар поездов/сутки).

Участок Известковая – Новый Ургал. При открытии закрытого разъезда Юрин на перегоне Перевальный – Таланджа пропускная способность участка Известковая – Новый Ургал составит 12 пар поездов/сутки (рисунок 1.5), что удовлетворяет потребной пропускной способности для обеспечения перспективного объема перевозок.

Участок Комсомольск-сортировочный – Волочаевка-2 и Комсомольск-сорт. – Дземги в настоящее время наличная пропускная способность участка Комсомольск-сортировочный – Волочаевка-2 составляет 8 пар поездов/сутки (рисунок 1.5). Открытие и строительство отдельных пунктов на участке Комсомольск-сорт. – Волочаевка-2 обеспечит наличную пропускную способность, равную 16 пар поездов/сутки.

Наличная пропускная способность участка Комсомольск-сортировочный – Дземги удовлетворяет потребной, так как на данном участке не предполагается значительного роста грузопотока (18 пар поездов/сутки).

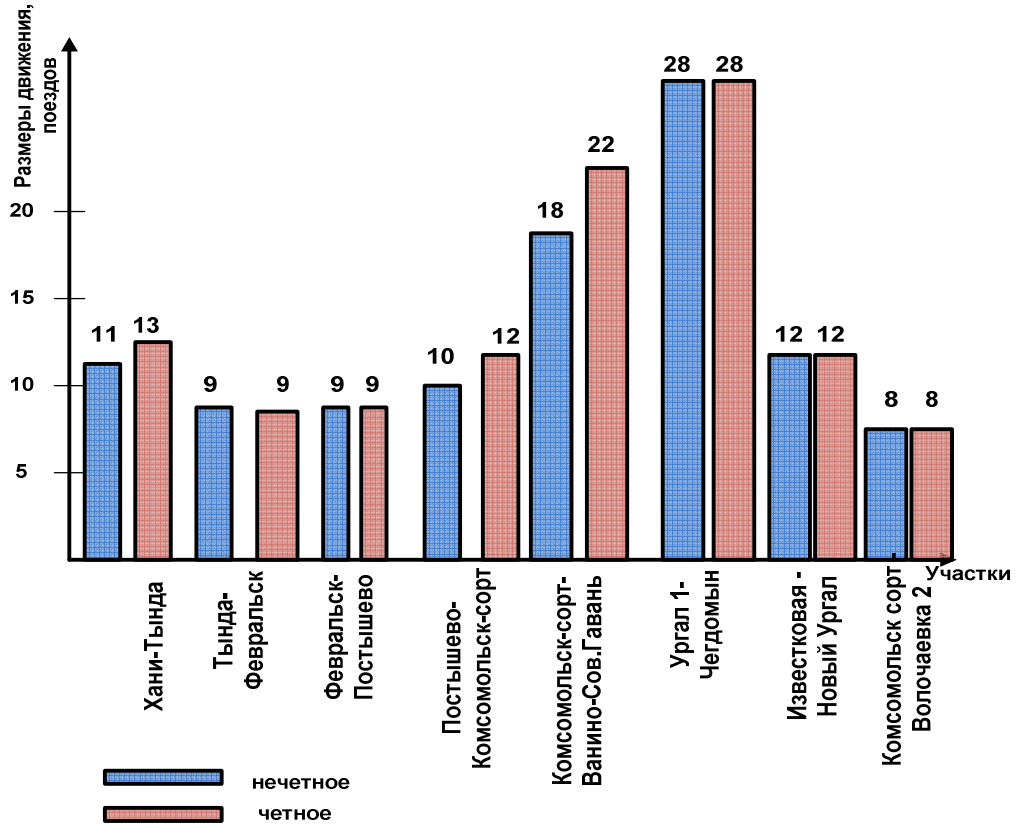


Рисунок 1.5 – Наличная пропускная способность Северного широтного хода

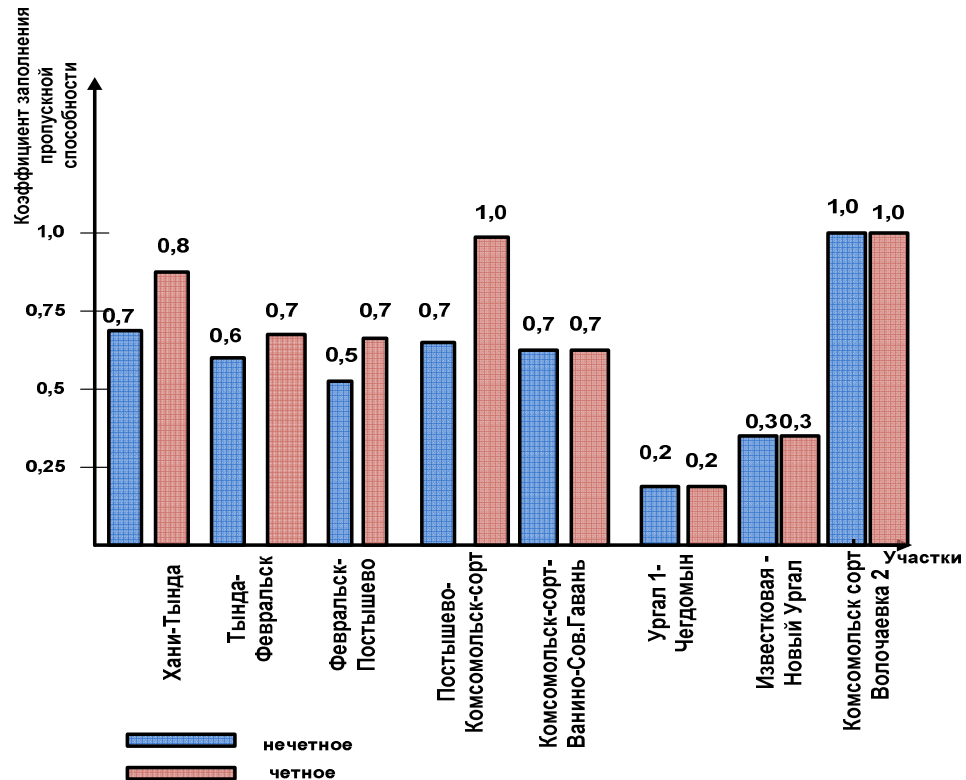


Рисунок 1.6 – Коэффициент заполнения пропускной способности Северный широтный ход

Двухпутные участки Дальневосточной железной дороги расположены на Транссибирской магистрали. Протяженность главного хода на направлении Архара – Владивосток составляет 1228,9 км.

Самыми «узкими» местами на Транссибе являются перегоны Хабаровск-1 – Амур, коэффициент заполнения пропускной способности составляет 0,88; Ин – Аур, коэффициент заполнения пропускной способности составляет 0,88; Надеждинская – Барановский, коэффициент заполнения пропускной способности составляет 0,82; Сунгач – Шмаковка, коэффициент заполнения пропускной способности составляет 0,79; Корфовская – Красная Речка, коэффициент заполнения пропускной способности составляет 0,78; Бира – Будукан и Ядрин – Казачий, коэффициент заполнения пропускной способности составляет 0,77 (рисунок 1.7).

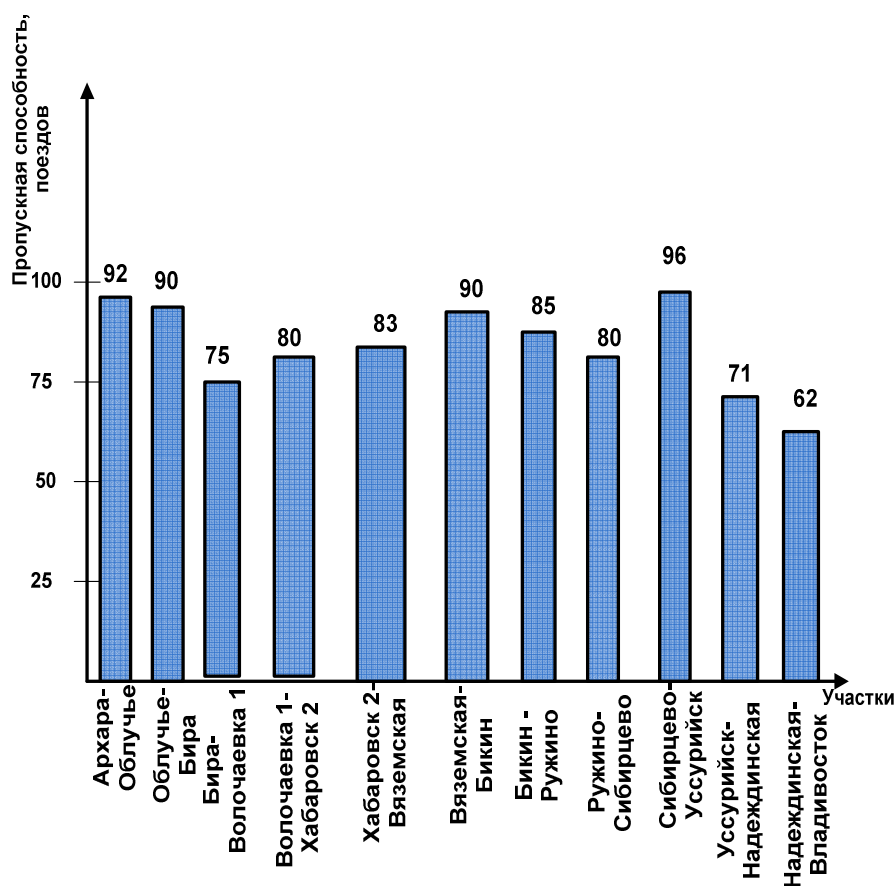


Рисунок 1.7 – Наличная пропускная способность главного хода Транссибирской магистрали

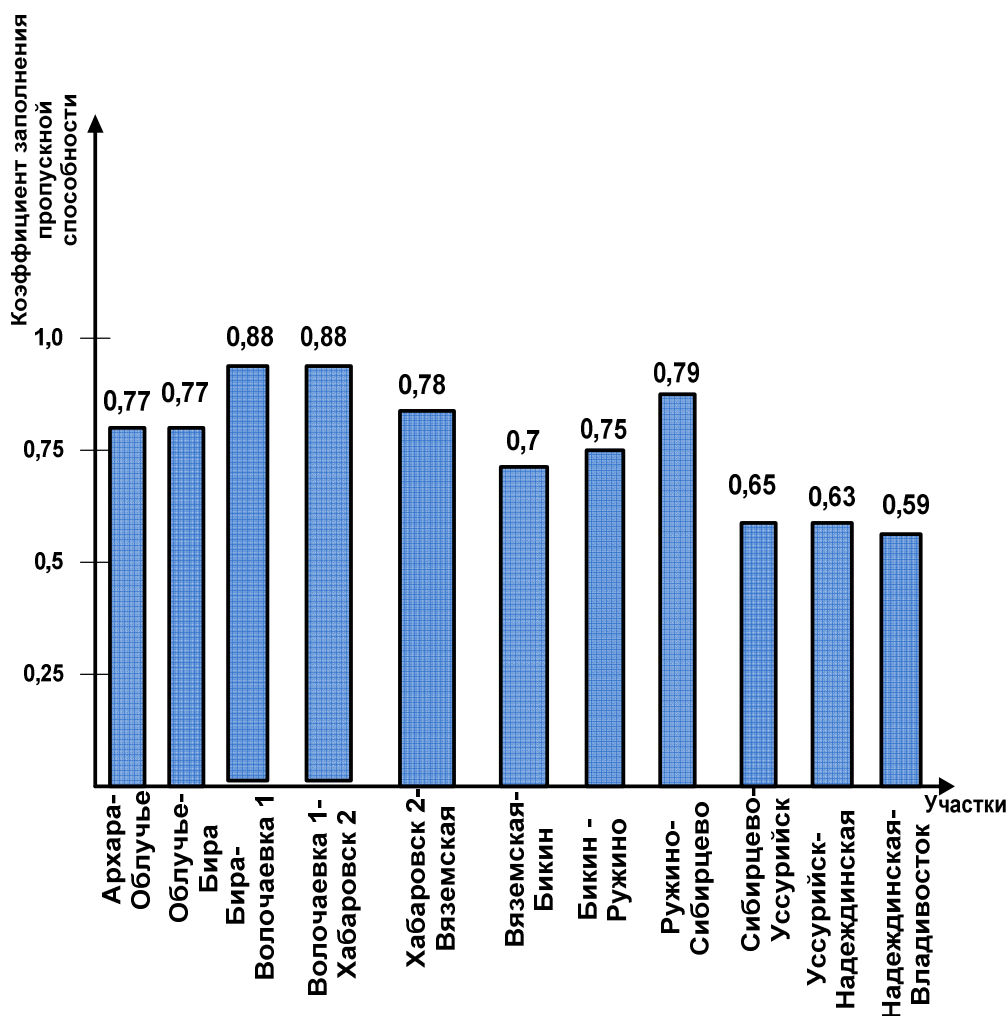


Рисунок 1.8 – Коэффициент заполнения пропускной способности направления Архара-Владивосток

По результатам исследования пропускной способности участков Дальневосточного региона, в 2013–2014 гг. 18 перегонов участка Хани – Тында – Комсомольск – Токи и два перегона направления Архара-Хабаровск-2 – Уссурийск – Владивосток будут иметь дефицит пропускной способности (от 1 до 4 пар поездов в сутки), если останется неизменным техническое состояние инфраструктуры. Поэтому на рассматриваемых участках особое значение приобретает вопрос организации пропуска поездов при плановых перерывах из-за дефицита пропускной способности, так как ликвидации ограничений скорости, снижающих безопасность движения поездов можно достичь при укладке бесстыкового пути на участках Северного широтного хода (максимальная

скорость движения грузовых поездов составит 80 км/ч, ограничение скорости движения грузовых поездов потребуется только при наступлении низких температур близких к экстремальным значениям на промежуток времени с декабря по март месяц).

Применение частично-пакетного графика движения поездов в настоящее время (без сооружения дополнительных приемоотправочных путей) на тех участках направления, где такой график возможен и необходим для устранения дефицита пропускной способности (с соответствующей ликвидацией ограничений скорости движения поездов), позволит сократить время восстановления движения поездов после предоставления плановых перерывов.

В свою очередь, исследуя практику работы зарубежных железных дорог можно сделать вывод, что дороги таких стран, как США, Германия, Япония не имеют проблем, вызванных нарушением графика движения поездов из-за возникновения перерывов в движении [26, 91]. В то время как железные дороги Китая работают в режиме очень схожем с работой Дальневосточной дороги. В настоящее время большое внимание уделяется ремонту высокоскоростных железных дорог Китая, где ремонтные работы проводятся в ночное время, когда нет движения скоростных поездов, в течение 5–6–8 часов [107]. Поэтому вопрос организации движения при перерывах в этой стране остается также актуальным.

1.4 Постановка задачи исследования

С осуществлением комплекса мер по техническому переоснащению транспорта важной задачей остается совершенствование форм и методов эксплуатационной работы. За последние годы на дорогах и других подразделениях уже накоплен опыт организации движения в разных условиях.

Основной задачей организации движения в период перерыва в движении является пропуск максимально возможного количества поездов во время перерыва на двухпутном участке и после перерыва на однопутном.

Поэтому в связи с переходом на новую структуру управления железнодорожным транспортом, эксплуатационная работа рассматривается при перерывах в движении с учетом наработок и изменений в этой области.

Целью исследования является разработка комплексной технологии пропуска поездов на двухпутных и однопутных участках во время и после перерывов в движении, в условиях проведения «окон» большой продолжительности в Дальневосточном регионе с учетом количества путей для пропуска поездов во время и после «окна», места расположения «окна» по отношению к сортировочной станции, количества приемоотправочных путей на станциях, размеров движения грузовых и пассажирских поездов на основе минимизации времени восстановления движения.

Указанная цель предопределила постановку следующих задач диссертационной работы:

1. Определение факторов, влияющих на задержки поездов и время восстановления движения.
2. Обоснование степени влияния этих факторов на задержки поездов и время восстановления движения.
3. Оценка влияния способа организации пропуска поездов, на время восстановления движения.

4. Совершенствование комплексной технологии организации пропуска поездов на двухпутных и однопутных участках во время и после перерыва с минимальным временем восстановления движения.

Предметом данного исследования является организация пропуска поездов во время и после перерыва в движении, которая зависит:

- от продолжительности перерыва в движении $t_{пер}$;
- размеров движения $N=N_{гр}+N_{пасс}$;
- технического оснащения участка $K_{тех}$;
- количества и места дислокации ПМС;
- количества путей на станциях участка G_s ;
- способа организации пропуска поездов λ .

Время восстановления движения $t_{восст}$ зависит от суммы размеров движения грузовых $N_{гр}$ и пассажирских $N_{пасс}$ поездов, которые уже находятся на участке $N_{уч}$ и тех, которые имеются на подходе к рассматриваемому участку $N_{подх}$.

Допустим, имеется участок сети, состоящий из перегонов, на одном из которых возникает перерыв в движении. График движения является параллельным, на участке обращается N поездов. За время перерыва в движении $t_{пер}$ при способе организации движения λ , общее количество поездов, находящихся на участке, составляет:

$$N_{общ} = N_{уч} + N_{подх} \quad (1.1)$$

В период восстановления движения необходимо пропустить как задержанные во время предоставления «окна» поезда $N_{уч}$, так и поезда, поступающие на участок $N_{подх}$.

Определим число задержанных поездов во время предоставления перерыва:

$$N_{уч} = \frac{N}{1440} t_{пер} - \frac{t_{пер}}{T_{пер}^{ок}}, \quad \text{пар поездов} \quad (1.2)$$

где N – число поездов в сутки; $t_{\text{пер}}$ – продолжительность перерыва («окна»), мин;
 $T_{\text{пер}}^{\text{ок}}$ – период графика при пропуске поездов по временно однопутному перегону
 во время предоставления «окна», мин.

Число поездов, поступающих на участок после окончания предоставления перерыва:

$$N_{\text{подх}} = \frac{N}{1440} t_{\text{восст}}, \text{ пар поездов.} \quad (1.3)$$

В период восстановления движения необходимо пропустить как задержанные во время предоставления перерыва поезда, так и поезда, поступающие на участок, поэтому общее число поездов, которые необходимо пропустить:

$$N_{\text{общ}} = \frac{N}{1440} t_{\text{пер}} - \frac{t_{\text{пер}}}{T_{\text{пер}}^{\text{ок}}} + \frac{N}{1440} t_{\text{восст}}, \text{ пар поездов } N_{\text{общ}} \in [N] \quad (1.4)$$

При составлении обоснования комплексной технологии пропуска поездов на двухпутных и однопутных участках при перерывах в движении должны обеспечиваться следующие условия:

- пассажирские поезда проследуют ремонтируемый участок с ограничением скорости, согласно инструкциям и по своему расписанию;
- простой всех составов грузовых поездов на сортировочных и иных технических станциях должен быть выдержан согласно установленной технологии их обслуживания;
- продолжительность перерыва в движении $t_{\text{пер}}$ в работе принимается как условно постоянная величина;
- техническая оснащённость участка зависит от количества главных путей для пропуска поездов на закрытом перегоне, средств сигнализации и связи;
- количество поездов, одновременно находящихся на станции, не должно

превышать количества приемоотправочных путей;

- время непрерывной работы локомотивных бригад не должно превышать нормативное.

Комплексная технология организации пропуска поездов на двухпутных и однопутных участках при перерыве в движении является многокритериальной и многовариантной задачей, основывается на определении рационального способа пропуска поездов при заданных условиях, то есть таким способом (непакетный, частично-пакетный, пакетный, соединенные поезда), при котором число задержанных поездов или время восстановления движения $t_{восст}$ будут принимать минимальные значения с учетом коэффициента заполнения пропускной способности участка:

$$t_{восст} = f\{\lambda, t_{пер}, K_{тех}, N, G_s\} \rightarrow \min \quad (1.5)$$

Таким образом, решение задачи следует начинать с классификации перерывов в движении, определения факторов, влияющих на выбор способа пропуска поездов и соответственно на время восстановления нормального движения, при заданных условиях (времени перерыва в движении, технической оснащенности участка и т.д.).

1.5 Выводы по первой главе

1. В настоящее время объемы перевозок грузов на однопутных и двухпутных направлениях к портам Дальнего Востока дифференцированы по участкам и составляют от 13 до 22 млн. тонн. С 2013 года по 2030 год по железнодорожным участкам Дальневосточного региона планируется увеличение перевозок за счет разработки новых месторождений угля и руды в Республике Саха (Якутия) и в других субъектах Российской Федерации.

Анализ современного состояния перевозочной инфраструктуры показал, что наличная пропускная способность по ограничивающим перегонам составляет для однопутных участков от 11 до 20 пар поездов, для двухпутных 86–95 пар поездов. Потребная пропускная способность для освоения прогнозных объемов перевозок составляет для однопутных участков 25–83 пары поездов, для двухпутных 95–100 пар поездов, что создаст дефицит пропускной способности на всех железнодорожных участках Дальневосточного региона.

2. На основании анализа научной литературы проблемы, связанные с разработкой рациональной технологии пропуска поездов по временно однопутному перегону за время и после предоставления «окна» с наименьшим временем восстановления движения; рациональной технологии пропуска поездов по однопутному перегону после предоставления «окна» с наименьшим временем восстановления движения на основе факторов, влияющих на время восстановления движения поездов после перерыва, и степень влияния этих факторов на время восстановления движения по нормативному графику остаются недостаточно изученными.

3. Ограничение пропускной способности большинства участков вызваны наличием перегонов, где нарушены межремонтные сроки, имеются дефекты земляного полотна, верхнего строения пути и искусственных сооружений, а это требует все большего числа плановых перерывов. Исследование состояния вопроса показали, что в современных условиях организации движения поездов, продолжительность «окна» при производстве капитального ремонта пути составляет для однопутных линий 4-8 ч, а для двухпутных 8-16 ч. В современных условиях функционирования однопутных и двухпутных линий Дальневосточного региона, возникла потребность в разработке технологии организации пропуска поездов при перерывах в движении для однопутных линий 8-12 ч, а для двухпутных 12-24 ч.
4. Для решения поставленной цели необходимо выявить и оценить факторы, оказывающие влияние на время восстановления движения поездов по нормативному графику с учетом способов организации пропуска поездов, а также совершенствовать технологию организации пропуска поездов на двухпутных и однопутных участках во время и после перерыва в движении, которая бы позволила сократить число рассматриваемых вариантов пропуска поездов в периоды предоставления плановых перерывов.

ГЛАВА 2 КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕРЫВОВ В ДВИЖЕНИИ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВРЕМЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОСЛЕ ПЕРЕРЫВА

2.1 Классификация перерывов в движении

В настоящих условиях после перехода к новой системе управления на железнодорожном транспорте (при переходе к Дирекциям), оптимальные варианты организации движения необходимо рассматривать с учетом позиции ДИ, которая осуществляет планирование «окон» на участках в соответствии с утвержденным планом-графиком и ДУД, которая контролирует выполнение вариантных графиков пропуска поездов при производстве строительно-монтажных и ремонтных работ на железнодорожной инфраструктуре общего пользования; принимает оперативные меры для организации своевременного восстановления движения поездов в случае отказов технических средств инфраструктуры, аварий и других чрезвычайных ситуаций. Дирекция управления движением выбирает оптимальный вариант организации движения во время и после перерыва («окна») с учетом фактической его продолжительности.

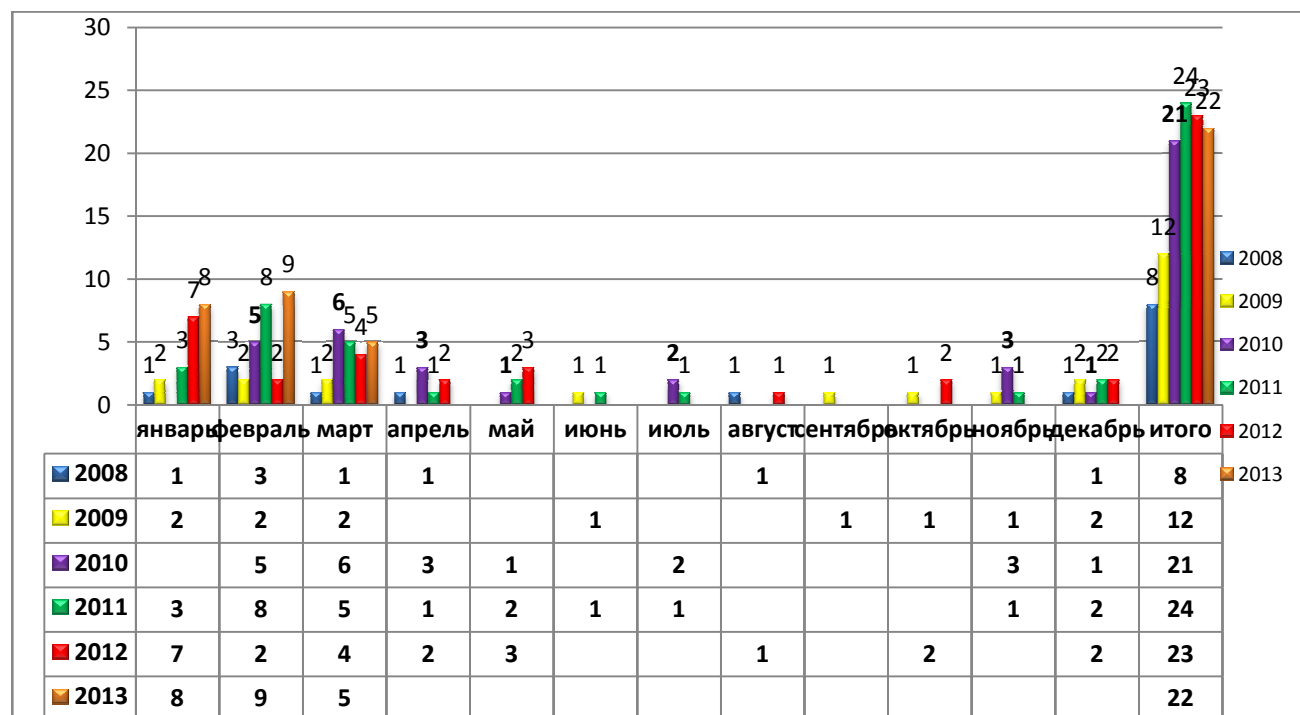
Следовательно, большое значение приобретают вопросы организации движения во время (если это возможно) перерыва в движении и после него. Такие перерывы можно разделить на две группы: внеплановые и плановые.

Внеплановые (непредвиденные) перерывы относятся к нарушениям безопасности движения поездов.

Одной из таких причин нарушения безопасности движения является сверхнормативный износ технических средств, в конечном итоге приводящий к отказам в работе.

По результатам обработки отчетных данных по Дальневосточной железной дороге, филиалу ОАО «РЖД», за 2008–2013 г.г. в хозяйстве пути и сооружений перерывы в движении поездов происходят, главным образом, из-за некачественного текущего содержания пути; по вагонному хозяйству перерывы в движении определяются техническими неисправностями вагонов и их оборудования, приводящими к изломам шеек осей колёсных пар, падению деталей вагонов на путь, а также несоблюдением норм содержания вагонов, прежде всего, их ходовых частей (рисунок 2.1). К случаям нарушения безопасности движения поездов в работе вагонного хозяйства Дальневосточной железной дороги наиболее характерными были отцепки вагонов от грузовых поездов в пути следования по неисправностям роликовых букс (56,8%), по неисправностям автотормозов – 222 вагона.

Свыше 50% от общего числа отцепок вагонов по нагреву букс, является следствием сверхнормативных износов опорных поверхностей боковых рам и корпусов букс, что в свою очередь влечёт за собой усиление износа гребней колёс и рельсов, способствует сходу порожних грузовых вагонов из-за перекосов колёсных пар в тележках.



Источник: отчет о работе ДВЖД филиала ОАО «РЖД»

Рисунок 2.1 – Диаграмма излома боковых рам

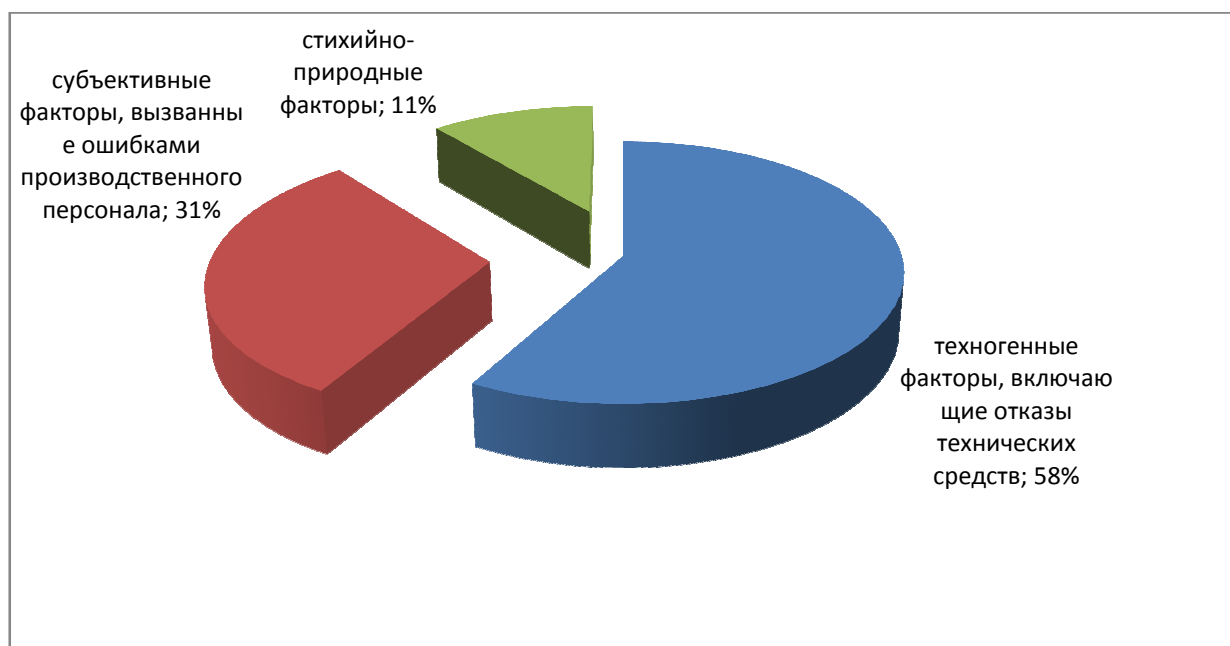
Также нельзя не учесть такую причину перерывов в движении, как стихийно-природные явления, которые нельзя предвидеть заранее, они вызываются обвалами, размывами, снегопадами и другими форс-мажорными обстоятельствами, поэтому способы организации движения в указанных условиях принимаются по факту события.

Как свидетельствуют результаты обработки данных (телеграммы, приказы, распоряжения и др.) по Дальневосточной железной дороге – филиалу ОАО «РЖД» за 2008-2013 гг. более 30% крушений поездов в локомотивном хозяйстве происходило вследствие позднего включения тормозов, около 14% – вследствие сна локомотивных бригад, до 5% – из-за превышения скорости движения перед запрещающим показанием светофора.

Решить вопрос, связанный с возникновением непредвиденных перерывов в движении на Дальневосточной железной дороге можно лишь на основе внедрения комплекса взаимосвязанных технологических и организационных решений, включающих технологию организации движения поездов при разных перерывах, которые использовались бы работниками при ситуациях, связанных с нарушением безопасности движения поездов.

Все причины внеплановых перерывов в движении можно сгруппировать в три группы, определяющие безопасность движения и причины возникновения таких перерывов (рисунок 2.2):

- 1) техногенные факторы, включающие отказы технических средств;
- 2) субъективные факторы, вызванные ошибками производственного персонала;
- 3) стихийно-природные факторы.



Источник: составлено автором

Рисунок 2.2 – Причины внеплановых перерывов

Плановые перерывы в движении – это запланированные «окна» в графике движения поездов. Согласно [90] «окно» – время, в течение которого прекращается движение поездов по перегону, отдельным путям перегона или станции для производства ремонтных и строительно-монтажных работ. На период «окна» перегон или соответствующий путь (пути) перегона (станции) должен быть закрыт для движения всех поездов, кроме хозяйственных, необходимых для выполнения путевых работ.

Следует отметить, что в число предоставленных «окон» включены не только «окна» для производства ремонтных и строительно-монтажных работ, но и других видов работ для замены опор контактной сети, электрификации участков и др. Однако число «окон» для ремонтно-строительных работ, в общем, их количестве, превышает 90% из общего числа планово предоставляемых (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Количество и продолжительность «окон» на однопутных линиях
Дальневосточного региона

Продолжительность «окна», ч.	Годы				
	2009	2010	2011	2012	2013
4	18	13	24	17	23
6	24	24	26	31	18
8	14	12	–	12	27
10	6	10	13	16	20
12	–	5	6	11	14

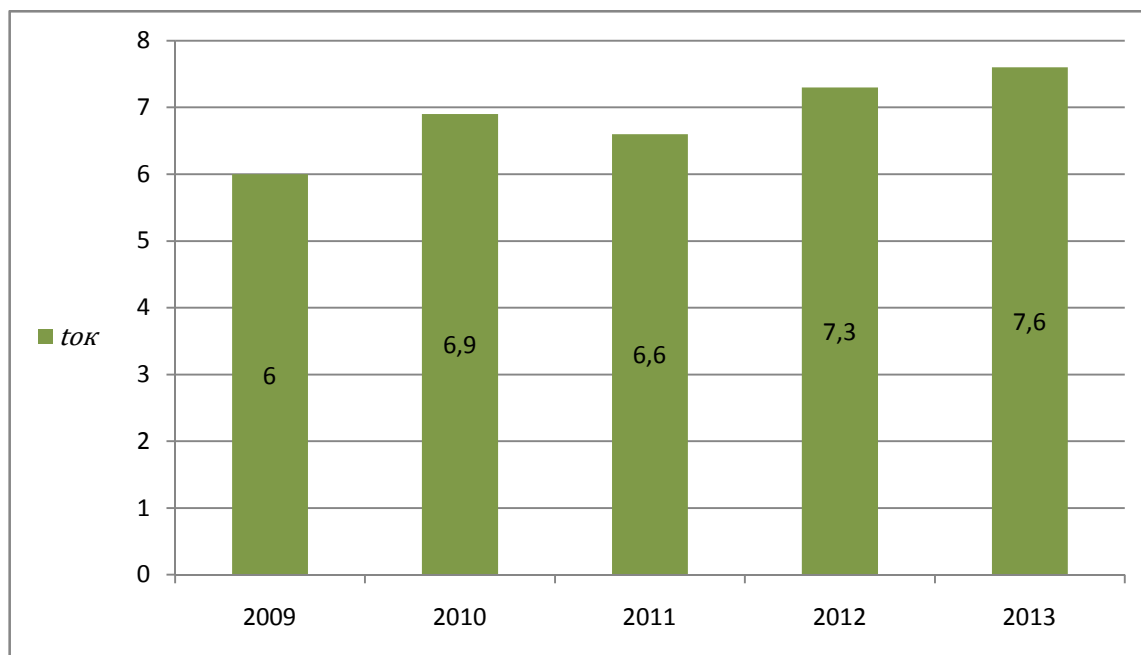
Источник: отчетные данные Дальневосточной железной дороги

На рисунок 2.3, приведен график изменения числа «окон», предоставленных для ремонтно-путевых работ за последние пять лет.

На графиках показаны следующие условные обозначения:

$K_{ок}$ – количество предоставленных «окон»;

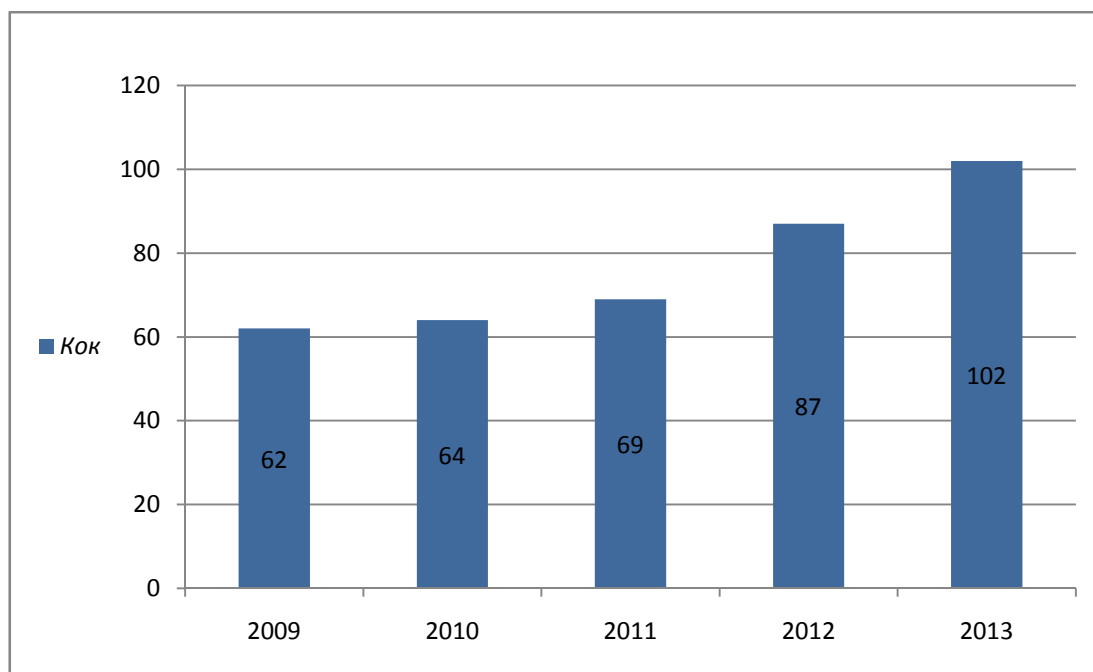
$t_{ок}$ – средняя продолжительность «окна» для ремонтно-путевых работ, ч.



Источник: составлено автором

Рисунок 2.3 – Диаграмма изменения продолжительности "окон"
на однопутных линиях ДВЖД

Средняя продолжительность «окна» определяется делением суммарной продолжительности всех «окон», предоставленных службой перевозок за календарный год, на их количество (рисунок 2.4).



Источник: составлено автором

Рисунок 2.4 – Диаграмма изменения числа "окон" на однопутных линиях ДВЖД

В свою очередь, годовые объемы работ по реконструкции пути, направленные на оздоровление железнодорожного пути без учета роста перспективных объемов перевозок, приняты в соответствии с представленными Департаментом пути и сооружений планами ремонтов пути участков БАМа на период до 2020 года (таблица 2.2).

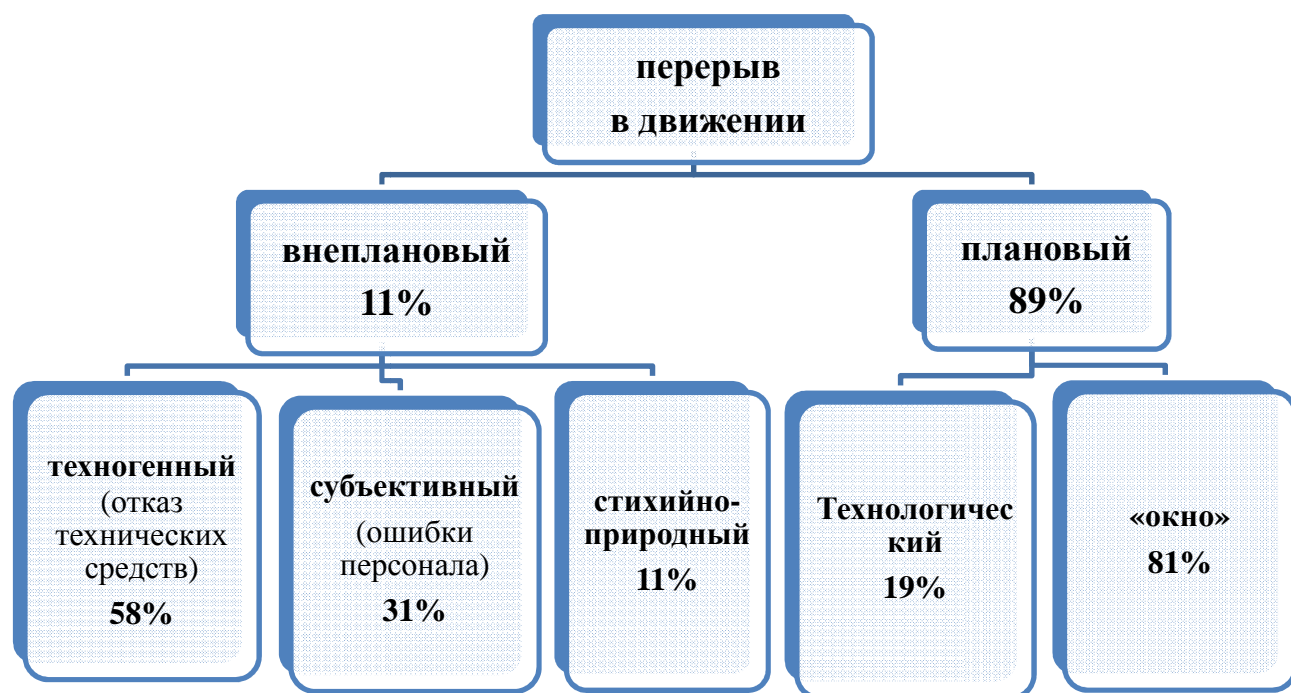
Таблица 2.2 – План ремонтов пути участков БАМа на период до 2020 года

Наименования дорог	Годовые объемы работ по реконструкции пути, км									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Дальневосточная дорога	124	110	156	208	191	122	106	85	108	91
Объем реконструкции на дополнительный рост перевозок	176	190	144	92	109	178	194	215	192	209
Общий годовой объем реконструкции	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300

Источник: по расчетам ОАО «Институт экономики и развития транспорта» в 2011 году

В соответствии с «Положением о проведении реконструкции (модернизации) железнодорожного пути», утвержденным 22 мая 2009 г. вице-президентом ОАО «РЖД» Воробьевым В. Б., работы по реконструкции железнодорожного пути необходимо выполнять в составе комплексного проекта реконструкции инфраструктуры, включающего в себя работы по комплексному обновлению параметров устройства пути, электроснабжения, автоматики и телемеханики, связи. По таблице 2.2 и в соответствии с пунктом 1.3 можно сделать вывод, что возможностей Дальневосточной дирекции по ремонту пути для обеспечения годового объема реконструкции (с учетом объема реконструкции на дополнительный рост перевозок) достаточно.

По результатам исследования данных за последние пять лет о причинах перерывов в движении на однопутных и двухпутных железнодорожных участках Дальневосточного региона, получена следующая классификация перерывов в движении (рисунок 2.5).



Источник: составлено автором

Рисунок 2.5 – Классификация перерывов в движении

Анализ, проведенный автором, показал, что в результате исследования работы железнодорожных участков и подразделений Дальневосточного региона в период с 2009 по 2013 годы, из общего числа перерывов в движении внеплановые составляют 11%, плановые – 89%. В свою очередь каждый из них подразделяется: на перерывы, вызванные техногенными факторами, включающими отказы технических средств – 58%; перерывы, вызванные субъективными факторами, из-за ошибок производственного персонала – 31%; перерывы, вызванные стихийно-природными факторами – 11%; перерывы, вызванные предоставлением технологических «окон» – 19%; перерывы, вызванные «окнами» продолжительностью до 8 часов на двухпутных и до 4 часов на однопутных линиях – 51%; перерывы, вызванные «окнами» продолжительностью до 24 часов на двухпутных и до 12 часов на однопутных линиях – 30%.

2.2 Выбор факторов, влияющих на время восстановления движения

Для ДИ и ДУД необходима такая технология взаимодействия, при которой соблюдались бы условия организации движения во время и после перерыва с минимальным числом задержанных поездов при установленной продолжительности «окна».

Основывается это на объединении факторов, необходимых для согласованного принятия решений ДИ и ДУД о продолжительности перерыва и времени восстановления движения после него (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Факторы для согласованного принятия решений ДИ и ДУД

ДИ	ДУД
Продолжительность перерыва в движении	
Длина закрытого перегона	
<u>фронт работ</u> (нормативная выработка в «окно»)	<u>время восстановления движения</u>
Количество ПМС для одновременной работы и виды техники	Количество главных путей на перегоне
	Коэффициент заполнения пропускной способности
Путевое развитие станций, ограничивающих ремонтируемый перегон	

Для дальнейшего исследования предлагается оценить: продолжительность перерыва в движении, длину закрытого перегона и путевое развитие станций, ограничивающих ремонтируемый перегон. В свою очередь каждая из групп также зависит от факторов, оказывающих воздействие на принятие решения.

На выбор продолжительности перерыва в движении оказывает влияние:

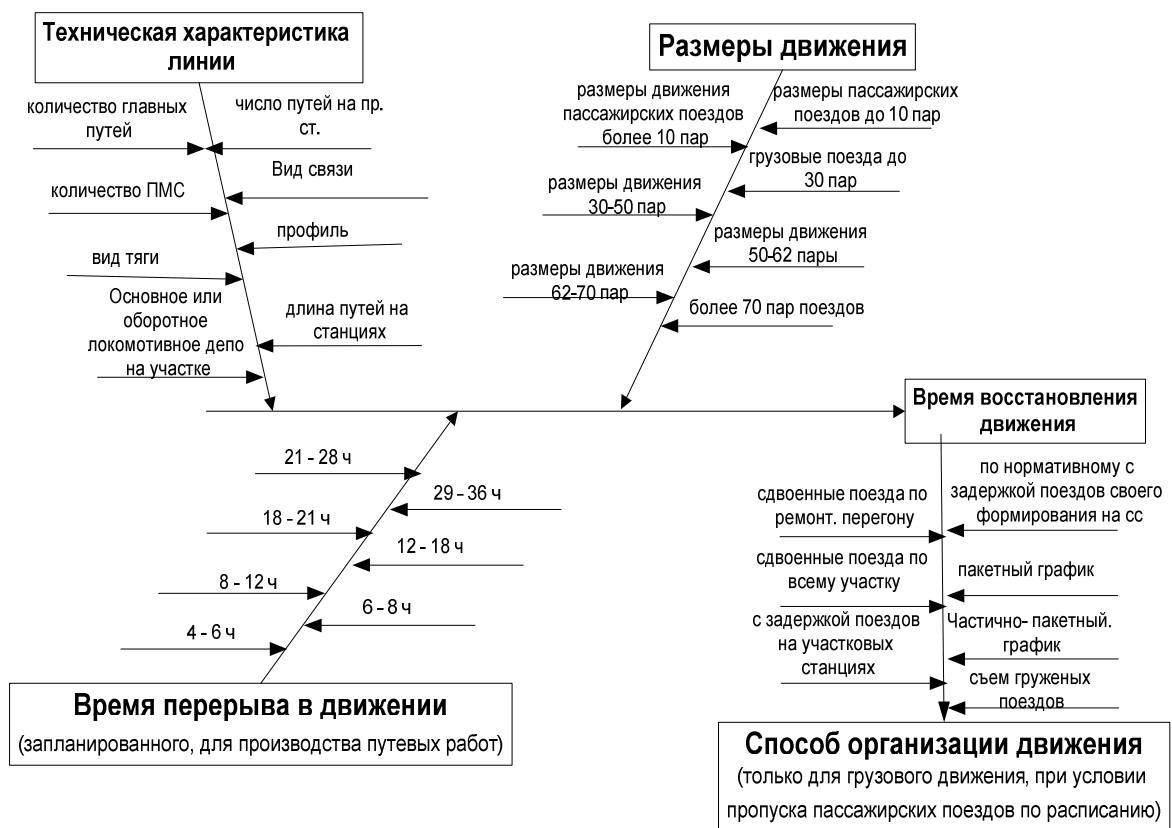
- Для ДИ – фронт работ (нормативная выработка в «окно»);
- для ДУД – время восстановления движения.

Длина перегона влияет на количество «окон» для ДИ и на количество периодов восстановления с учетом времени перерыва для ДУД.

Нормативная выработка в «окно» зависит от количества ПМС для одновременной работы и видов техники.

Время восстановления движения зависит: от количества главных путей; вида тяги; вида связи на участке, размеров движения грузовых поездов; размеров движения пассажирских поездов на участке.

В результате была установлена следующая связь факторов, влияющих на время восстановления движения поездов (рисунок 2.6).



Источник: составлено автором

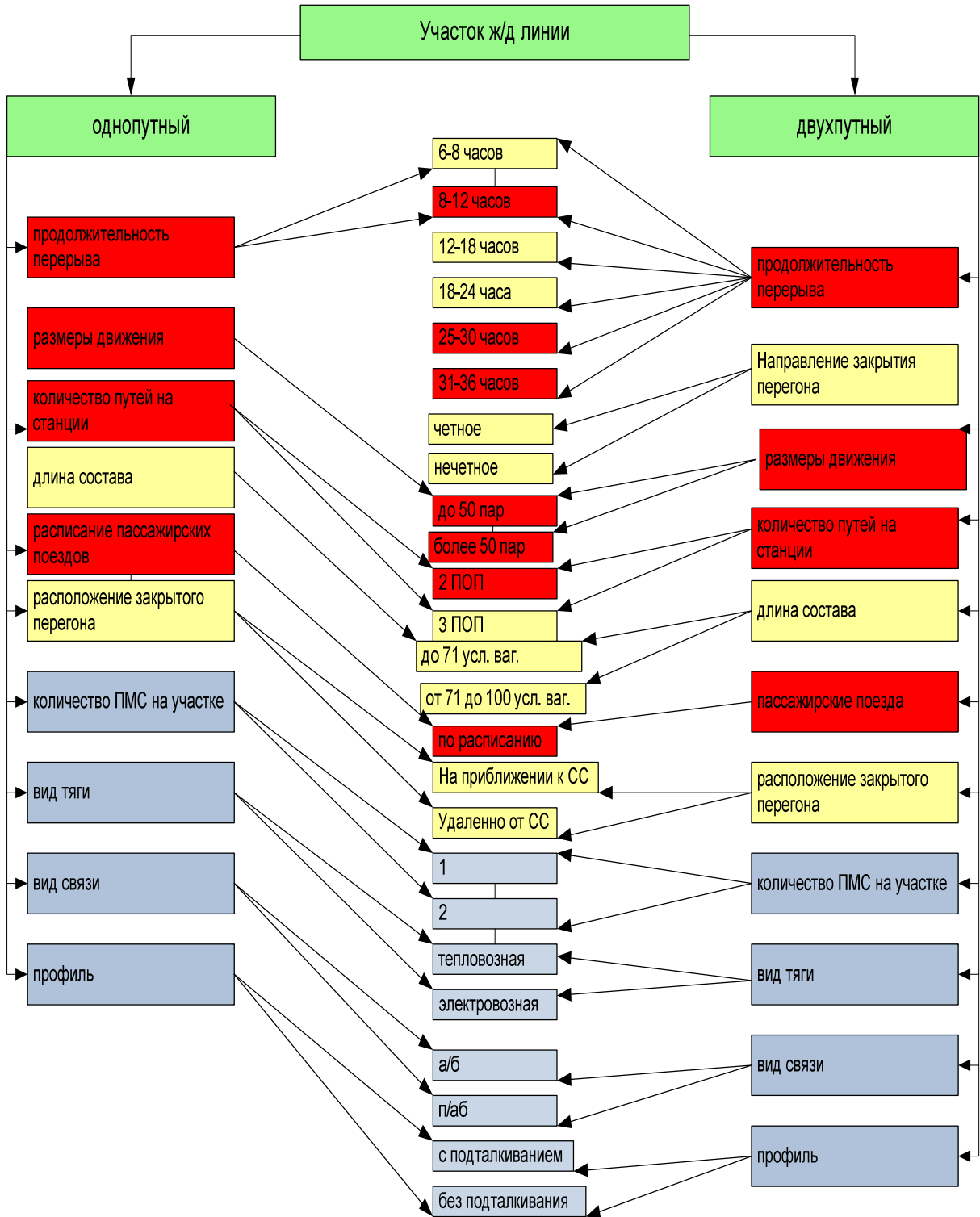
Рисунок 2.6 – Причинно-следственная диаграмма факторов, влияющих на время восстановления движения

Плановые перерывы в движении – это запланированные «окна» в графике движения поездов, поэтому основная задача организации движения поездов при

таких перерывах – пропуск планового вагонопотока, и здесь *основным критерием* является минимизация поездо-часов задержки за время перерыва поездов. А, следовательно, и времени восстановления движения поездов, с учетом пропуска пассажирских поездов по расписанию, которого можно достичь выбором оптимального варианта пропуска грузовых поездов во время и после предоставления «окна». Определение времени восстановления движения поездов в период производства ремонтно-строительных работ или работ по текущему содержанию пути механизированными машинными комплексами на участке железной дороги, в период новых организационных и экономических отношений между Дирекцией управления движением и Дирекцией инфраструктуры является крайне важным [56].

При *внеплановых* перерывах, относящихся к нарушениям безопасности движения поездов, *основным критерием* является минимизация времени восстановления движения поездов, при выборе оптимального варианта организации движения после перерыва. Так как при таких перерывах, в большинстве случаев, движение останавливается на всем перегоне в обоих направлениях вне зависимости от количества главных путей и размеров движения.

Учитывая, что сочетания факторов различны и в разной степени влияют на время восстановления движения, рассмотрим, как влияет каждый из них, исходя из продолжительности перерыва и технической оснащенности участка (рисунок 2.7).



Источник: составлено автором

Рисунок 2.7 – Распределение влияния ограничений на факторы в зависимости от количества главных путей на участке

После проведенной классификации ограничений, влияющих на факторы (рисунок 2.7) с учетом фактической характеристики участков было установлено, что ограничениями, которые вызывают трудности при организации пропуска поездов во время и после перерыва в движении на двухпутных и однопутных линиях Дальневосточного региона, влияющими на время восстановления движения, могут быть:

- продолжительность перерыва более 8 часов;
- размеры движения пассажирских поездов*;
- размеры движения грузовых поездов (более 50 пар в сутки для двухпутных и более 10 пар поездов в сутки для однопутных участков);
- длина перегона, который закрывается для ремонта**;
- количество путей на станциях, ограничивающих перегон.

Такое ограничение, как вид связи для участков ДВ региона рассматривается только автоблокировка, так как с учетом «Программы модернизации Байкало-Амурской магистрали» к концу 2014 года на единственном участке, действующем при полуавтоматической блокировке, будут закончены работы по переходу на автоматическую блокировку [37].

*- данное ограничение имеет влияние на только двухпутных участках Дальневосточного региона, так как на однопутных участках размеры движения пассажирских поездов минимальны(1–2 пары поездов в сутки), что позволяет предоставлять перерыв в движении до 12 часов между временем их проследования через перегон;

** - в условиях работы двухпутных железнодорожных участков Дальневосточного региона при производстве ремонтно-строительных работ по приказу начальника дороги то 12.04.12 не допускается укладка временных съездов из-за кривых малого радиуса, поэтому при плановом перерыве в движении перегон закрывается полностью не зависимо от объемов ремонта.

2.3 Определение факторов, влияющих на время восстановления движения на однопутных линиях

После проведенной классификации факторов видно, что для однопутной линии вид перерыва на время восстановления движения влияния не имеет, поэтому далее в пункте применяется понятие «перерыв».

Для того, чтобы минимизировать время восстановления движения $t_{восст}$, необходимо выявить и оценить влияние таких факторов, как продолжительность перерыва $t_{пер}$, количество главных путей на участке, размеры движения поездов N , число путей на станциях G .

Влияние технической оснащённости линии напрямую зависит от количества главных путей на участке, где предоставляется или возникает перерыв. В работе продолжительность плановых перерывов в движении принимается на основе расчетов ДИ.

Для однопутной линии при возникновении, как внепланового перерыва, так и запланированного «окна», число задержанных поездов за время перерыва равно:

$$N_{зад} = \frac{N}{24} t_{пер} . \quad (2.1)$$

Соответственно необходимо минимизировать число задержанных поездов, $N_{зад} \rightarrow 0$. С учетом приведенной зависимости (2.1), повлиять на число задержанных поездов можно, только уменьшая значения N и $t_{пер}$, в данной работе они являются условно постоянными величинами. Тогда рассмотрим, как можно ускорить пропуск поездов в период восстановления движения.

Для определения максимального перегона на участке по перегонам рассчитано время хода пары поездов для поездов установленного веса.

В период восстановления движения на однопутной линии (после отмены перерыва в движении) необходимо пропустить как задержанные за время перерыва поезда, так и поезда, поступившие на участок после него. В этом случае

$$N_{\text{зад}} = \frac{N}{1440} \cdot t_{\text{пер}} = \frac{t_{\text{восст}}}{T_{\text{пер}}^{\text{восст}}} - \frac{t_{\text{восст}}}{T_{\text{пер}}^{\text{норм}}} \quad (2.2)$$

Тогда, с учетом условий, приведенных выше, получим выражение для определения времени восстановления движения, мин., при заданных ограничениях:

$$t_{\text{восст}} \left(\frac{1}{T_{\text{пер}}^{\text{восст}}} - \frac{1}{T_{\text{пер}}^{\text{норм}}} \right) = \frac{N}{1440} \cdot t_{\text{пер}}$$

$$t_{\text{восст}} = \frac{N}{1440 \cdot \left(\frac{1}{T_{\text{пер}}^{\text{восст}}} - \frac{1}{T_{\text{пер}}^{\text{норм}}} \right)} \cdot t_{\text{пер}} = \frac{N \cdot T_{\text{пер}}^{\text{восст}}}{1440 \cdot \left(1 - \frac{T_{\text{пер}}^{\text{восст}}}{T_{\text{пер}}^{\text{норм}}} \right)} \cdot t_{\text{пер}}$$

В этом случае время восстановления движения (при одном i -ом перерыве) на однопутной линии определяется по формуле:

$$t_{\text{восст}}^{i'} = \frac{N t_{\text{пер}}}{1440 \left(\frac{1}{T_{\text{пер}}^{\text{восст}}} - \frac{1}{T_{\text{пер}}^{\text{норм}}} \right)}, \text{ мин.}, \quad (2.3)$$

где $T_{\text{пер}}^{\text{норм}}$ – период нормативного графика, мин.; $T_{\text{пер}}^{\text{восст}}$ – период графика после перерыва во время восстановления, мин, значение которого зависит от схемы пропуска поездов по однопутному перегону. В общем случае период графика рассматривается по формуле [33]

$$T_{\text{пер}} = t' + \tau^a + t'' + \tau^b \quad (2.4)$$

Значение периода графика зависит от τ^a, τ^b – станционных интервалов

(скрещения и неодновременного прибытия) на ограничивающих перегон отдельных пунктов, мин;

t', t'' – времена хода поезда по перегону соответственно в нечетном и четном направлениях (с учетом или без учета времени на разгон и замедление), в периоде графика, зависящие от варианта пропуска поездов через отдельные пункты, ограничивающие перегон, тогда:

- безостановочный пропуск поездов на перегон:

$$T^1_{пер} = t_{хгр}' + \tau_{пп}^a + t_{хгр}'' + \tau_{пп}^b + t_3^{неч} + t_3^{чет} ; \quad (2.5)$$

- безостановочный пропуск поездов с перегона:

$$T^2_{пер} = t_{хгр}' + \tau_{ск}^a + t_{хгр}'' + \tau_{ск}^b + t_p^{неч} + t_p^{чет} ; \quad (2.6)$$

- безостановочное проследование отдельных пунктов перегона поездами четного направления:

$$T^3_{пер} = \tau_{ск}^b + t_{хгр}' + \tau_{пп}^a + t_{хгр}'' + t_p^{неч} + t_3^{неч} ; \quad (2.7)$$

- безостановочное проследование указанных отдельных пунктов поездами нечетного направления:

$$T^4_{пер} = t_{хгр}' + \tau_{ск}^a + t_{хгр}'' + \tau_{пп}^b + t_p^{чет} + t_3^{чет} , \quad (2.8)$$

где t_p, t_3 – соответственно время разгона и замедления поезда, мин;

Исходя из определения, коэффициент пропускной способности:

$$N = \frac{(1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n}{T_{неп}^{норм}} \quad , \quad (2.9)$$

$$N_{\max} = \frac{(1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n}{T_{неп}^{восст}} \quad , \quad (2.10)$$

$$k = \frac{N}{N_{\max}} = \frac{(1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n \cdot T_{неп}^{восст}}{T_{неп}^{норм} \cdot (1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n} = \frac{T_{неп}^{восст}}{T_{неп}^{норм}} \quad . \quad (2.11)$$

Тогда, время восстановления движения можно найти по следующей формуле:

$$t_{восст} = \frac{N \cdot T_{неп}^{восст}}{1440 \cdot (1 - k)} \cdot t_{неп} \quad . \quad (2.12)$$

Воспользовавшись выражениями (2.10), (2.11) получим:

$$N = k \cdot N_{\max} = \frac{(1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n}{T_{неп}^{восст}} \cdot k \quad . \quad (2.13)$$

Учитывая равенства (2.12) – (2.13) получим время восстановления при перерывах в движении на однопутной линии при равномерно графике:

$$t_{восст} = \frac{\frac{(1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n}{T_{неп}^{восст}} \cdot k \cdot T_{неп}^{восст}}{1440 \cdot (1 - k)} \cdot t_{неп} = \frac{(1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n \cdot k}{1440 \cdot (1 - k)} \cdot t_{неп} \quad (2.14)$$

$$t^{i'}_{восст} = \frac{(1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n \cdot k}{1440 \cdot (1 - k)} \cdot t_{неп} \quad (2.15)$$

$$\lim_{k \rightarrow 1} \left[\frac{(1440 - t'_{nep}) \cdot a_n \cdot k}{1440 \cdot (1 - k)} \cdot t_{nep} \right] \rightarrow \infty \quad (2.16)$$

Далее рассмотрим такой фактор как число путей на станциях, G . Установим ограничение, что промежуточная станция имеет от двух до шести путей с вместимостью не менее 71 условного вагона [37] и что число поездов, одновременно находящихся на станции, не должно превышать количества приемоотправочных путей $N^< G^<$; $N^<< G^<<$; C_a – вид связи (автоблокировка) на участке;

$G^<$ – количество путей на станции со стороны нечетного направления;

$G^<<$ – количество путей на станции со стороны четного направления движения.

Тогда:

$$2 \leq G^{(<<)} \leq 6. \quad (2.17)$$

Тогда если $G^< = G^<<$, и $G^{(<<) } \geq 4$, то применяем T^1_{nep} или T^2_{nep} для дальнейших расчетов,

если $G^< \geq G^<<$, при $G^<< \geq 4$, то применяем T^3_{nep} для дальнейших расчетов;

если $G^<< \geq G^<$, при $G^< \geq 4$, то применяем T^4_{nep} для дальнейших расчетов.

Далее по приведенным формулам (2.3) – (2.16) и с учетом полученных ограничений (2.17), которые влияют на время восстановления движения, для однопутных участков Дальневосточного региона проведены расчеты и получены результаты в зависимости от коэффициента заполнения пропускной способности от 0 до 0,9 и времени планового перерыва от 4 до 8 часов (рисунок 2.8) и от 8 до 12 часов (рисунок 2.9).

Так, например, на рисунке 2.8 при коэффициенте заполнения пропускной способности 0,6: при продолжительности перерыва 6 ч время восстановления движения равно 600 мин (10 ч), при перерыве 8 ч время восстановления движения 710 мин (11,8 ч). Когда коэффициент заполнения пропускной способности равен

0,8 и перерыв в движении 8 ч, время восстановления движения составляет 1960 мин (32,67 ч), но при таком же коэффициенте заполнения пропускной способности и перерыве в движении 12 ч (рисунок 2.9), время восстановления превышает 3000 мин (более 2 суток), то есть при таких условиях, повлиять на сокращение время восстановления движения, можно путем выбора другого способа пропуска поездов после перерыва.

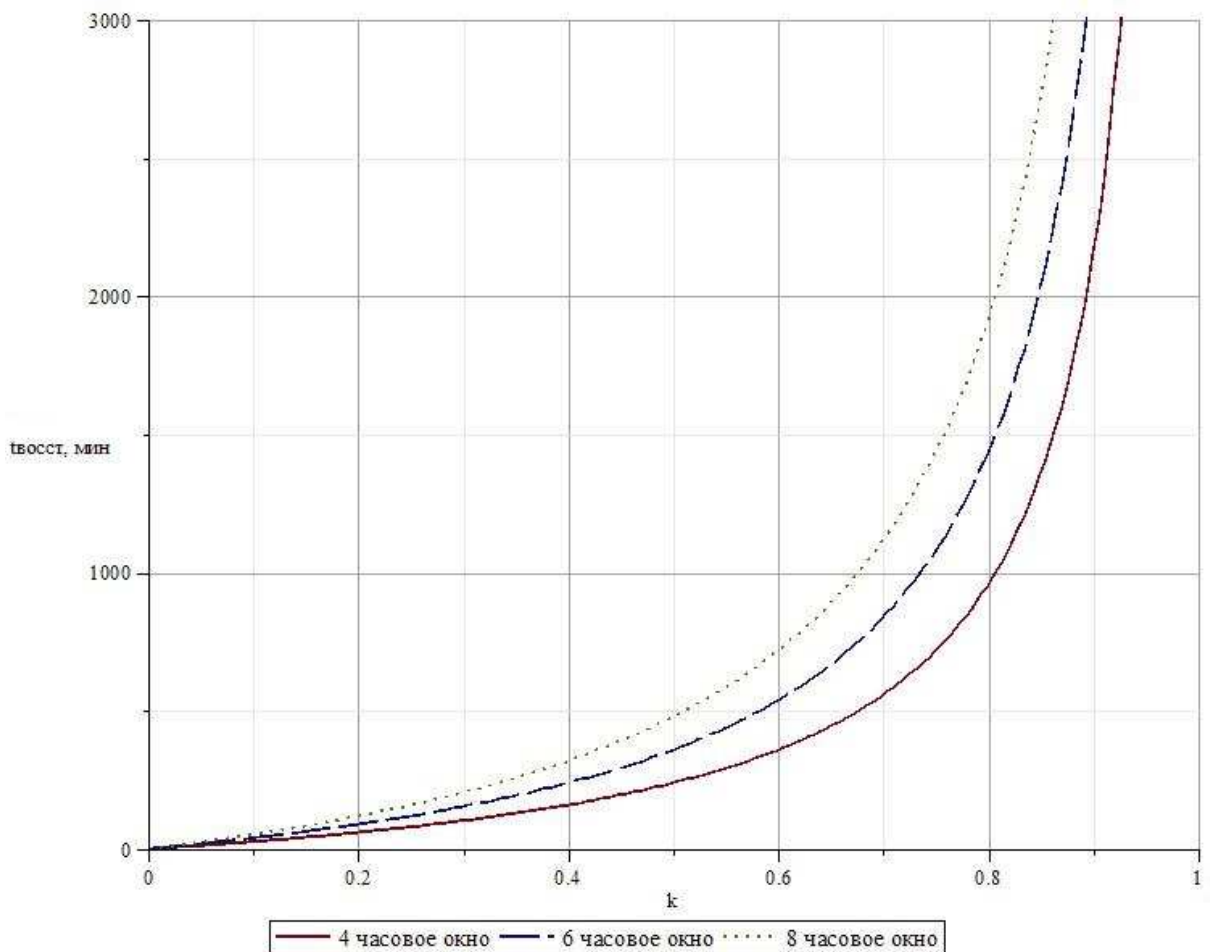


Рисунок 2.8 – График зависимости времени восстановления движения от коэффициента заполнения пропускной способности (перерыв от 4 до 8 часов)

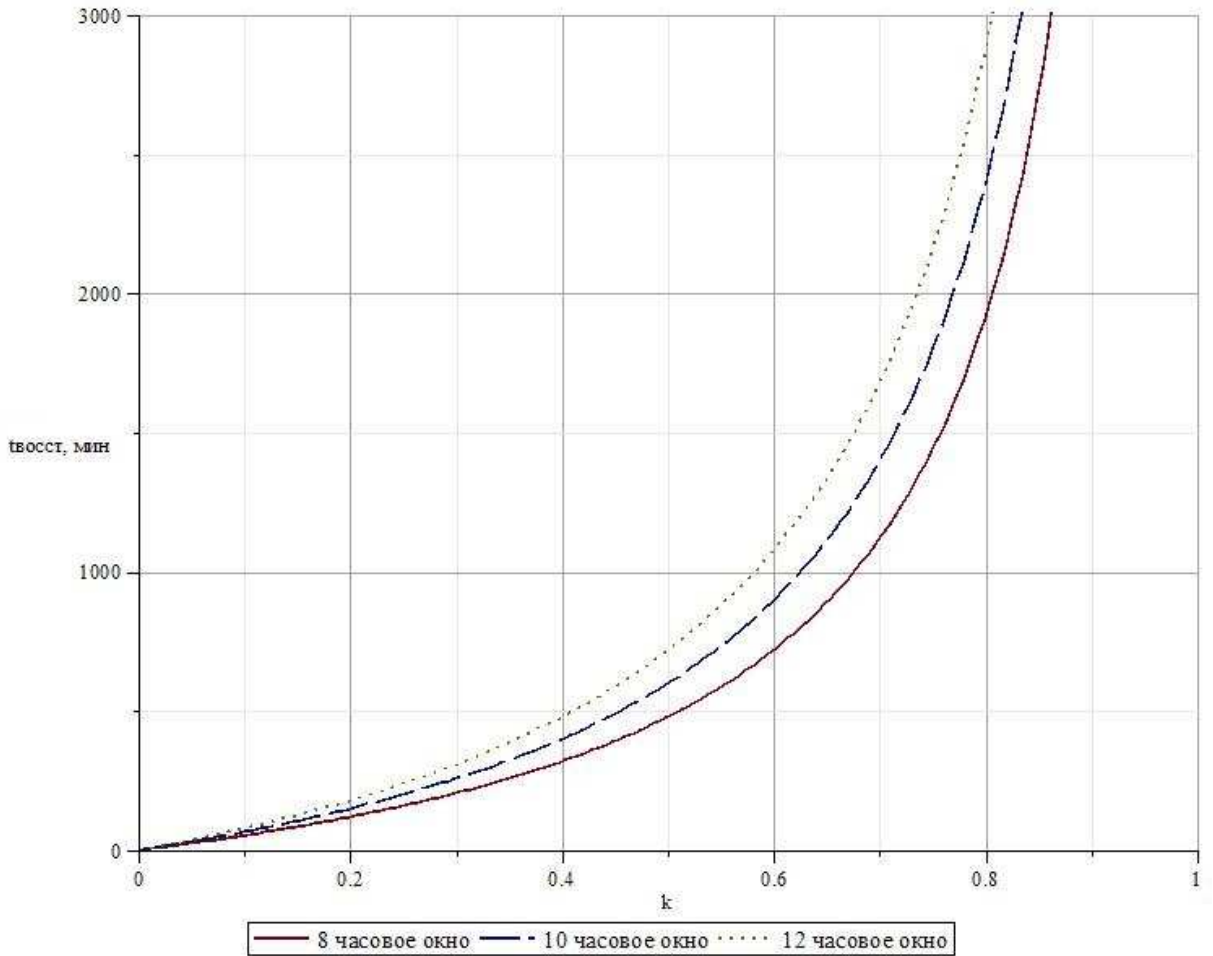


Рисунок 2.9 – График зависимости времени восстановления движения от коэффициента заполнения пропускной способности (перерыв от 8 до 12 часов)

По представленным выше рисункам видно, что при перерывах в движении от 8 до 12 часов, коэффициент заполнения пропускной способности влияет на время восстановления движения (таблица 2.3).

При исследовании увеличения времени перерыва в движении с 4 до 12 часов, степень влияния коэффициента заполнения пропускной способности возрастает, и при этих условиях становится невозможно пропустить поезд с применением непакетного пропуска, поэтому в этих случаях (их результат в таблице 2.3 выделен темнее) необходимо влиять на сокращение времени восстановления движения путем выбора другого, более оптимального, способа пропуска.

Таблица 2.3 – Влияние коэффициента заполнения пропускной способности и путевого развития станций при разной продолжительности перерывов на однопутной линии на время восстановления движения по нормативному графику

Фактор		Время перерыва в движении, ч			
		4–6	6–8	8–10	10–12
коэффициент заполнения пропускной способности	0,3	+	+	+	+
	0,5	+	+	+	+
	0,6	+	+	+	+
	0,7	+	+	+	+
	0,8	+	+	+	+
	0,9	+	+	+	+
Путевое развитие станций		+	+	+	+

Источник: составлено автором



- степень влияния факторов на время восстановления движения по нормативному графику более 30%

Приоритетными задачами развития железнодорожной сети является реализация мероприятий, обеспечивающих растущие потребности в перевозках пассажиров. Однако в регионе Дальнего Востока России, даже с увеличением потребности населения в пассажирских перевозках, в ближайшие три года увеличения размеров движения пассажирских перевозок не потребуется [85, 94]. Оценка влияния пассажирского движения на время восстановления движения при плановых перерывах показала, что на однопутных участках размеры движения пассажирских поездов позволяют предоставлять плановые перерывы в движении до 12 часов с учетом расписания движения пассажирских поездов так, чтобы время их проследования по ремонтируемому перегону не совпадало со временем продолжительности проведения «окна».

2.4 Определение влияния факторов на время восстановления движения на двухпутных линиях

По результатам исследований, проведенных в пунктах 2.1, 2.2 установлено, что для двухпутной линии на время восстановления движения влияние оказывают при плановом перерыве:

- ✓ число поездов, задержанных за время перерыва в движении;
- ✓ число поездов, поступающих на участок после окончания перерыва.

Для того, чтобы минимизировать время восстановления движения $t_{восст}$, необходимо выявить и оценить влияние следующих факторов:

- продолжительность перерыва $t_{пер}$;
- количество главных путей на участке;
- коэффициент заполнения пропускной способности k ;
- число путей на станциях G ;
- длина перегона, действующего как временно однопутный $l_{пер}$.

Влияние факторов оценивается при условиях, описанных в пункте 1.4.

Для двухпутного участка при плановом перерыве в движении («окно»), при условии равномерного подхода поездов, в период восстановления движения число поездов, которые необходимо пропустить, определяется по формуле (1.4). Здесь учитываются те поезда, которые не были пропущены по временно однопутному перегону и поезда, поступающие на участок за время восстановления.

Рассмотрим влияние на $t_{восст}$ указанных выше факторов при плановом перерыве, если число задержанных поездов

$$N_{зад} = \frac{N}{1440} \cdot t_{пер} - \frac{t_{пер}}{T_{пер}^{ок}} = \frac{t_{восст}}{I_{восст}} - \frac{t_{восст}}{I_{норм}}. \quad (2.18)$$

Тогда :

$$\frac{t_{восст}}{I_{восст}} - \frac{t_{восст}}{I_{норм}} = \frac{N}{1440} \cdot t_{пер} - \frac{t_{пер}}{T_{пер}^{ок}}$$

$$t_{восст} \cdot \left(\frac{1}{I_{восст}} - \frac{1}{I_{норм}} \right) = t_{пер} \cdot \left(\frac{N}{1440} - \frac{1}{T_{пер}^{ок}} \right),$$

$$\begin{aligned} t_{восст} &= t_{пер} \cdot \frac{\left(\frac{N}{1440} - \frac{1}{T_{пер}^{ок}} \right)}{\left(\frac{1}{I_{восст}} - \frac{1}{I_{норм}} \right)} = t_{пер} \cdot \frac{\left(\frac{N}{1440} - \frac{1}{T_{пер}^{ок}} \right)}{\frac{1}{I_{восст}} \cdot \left(1 - \frac{I_{восст}}{I_{норм}} \right)} = \\ &= t_{пер} \cdot \frac{\left(\frac{N}{1440} - \frac{1}{T_{пер}^{ок}} \right) \cdot I_{восст}}{1 - \frac{I_{восст}}{I_{норм}}}. \end{aligned} \quad (2.19)$$

Исходя из определения, коэффициент пропускной способности [45] можно найти по следующей формуле

$$N = \frac{(1440 - t'_{пер}) \cdot \alpha_n}{I_{норм}}, \quad (2.20)$$

$$N_{\max} = \frac{(1440 - t'_{пер}) \cdot \alpha_n}{I_{восст}}, \quad (2.21)$$

$$k = \frac{N}{N_{\max}} = \frac{(1440 - t'_{пер}) \cdot \alpha_n \cdot I_{восст}}{I_{норм} \cdot (1440 - t'_{пер}) \cdot \alpha_n} = \frac{I_{восст}}{I_{норм}}. \quad (2.22)$$

Тогда:

$$t^{i'}_{восст} = t_{пер} \cdot \frac{\left(\frac{N}{1440} - \frac{1}{T_{пер}^{ок}} \right) \cdot I_{восст}}{1 - k}, \text{ МИН} \quad (2.23)$$

Воспользовавшись выражениями (2.20) – (2.23) получим:

$$N = k \cdot N_{\max} = \frac{(1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n}{I_{восст}} \cdot k \quad (2.24)$$

Учитывая равенства (2.19) – (2.24) получим время восстановления движения (при одном i -ом перерыве) на двухпутной линии:

$$t^{i'}_{восст} = \frac{\left(\frac{(1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n}{1440 \cdot I_{восст}} \cdot k - \frac{1}{T_{неп}^{ок}} \right) \cdot I_{восст}}{1 - k} \cdot t_{неп}, \text{ МИН.} \quad (2.25)$$

Отсюда получаем:

$$\lim_{k \rightarrow 1} \left[\frac{\left(\frac{(1440 - t'_{неп}) \cdot \alpha_n}{1440 \cdot I_{восст}} \cdot k - \frac{1}{T_{неп}^{ок}} \right) \cdot I_{восст}}{1 - k} \cdot t_{неп} \right] \rightarrow \infty \quad (2.26)$$

При плановых перерывах необходимо определить суммарное время восстановления движения при объеме ремонта на всем перегоне, с учетом установленной нормы выработки за время «окна» w (числовые значения нормы выработки, при «окнах» разной продолжительности, приведены в пункте 1.3). В этом случае:

$$\sum t_{восст} = \sum_{i=1}^m \frac{l_{перег} - \sum_{\gamma=0}^{i-1} R^{\gamma} \cdot w^{\gamma}}{w^i} \cdot t_{восст}^i \quad (2.27)$$

где i – номер перерыва, m – количество перерывов разной продолжительности, $l_{перез}$ – длина перегона, w^i – норма выработки за время i -го перерыва, R^{γ} – количество перерывов предшествовавших i -му перерыву, w^{γ} – норма выработки за время перерыва γ , $t_{восст}^i$ время восстановления движения поездов при предоставлении i -го перерыва.

Рассмотрим такое ограничение, как количество путей промежуточных станций, ограничивающих ремонтируемый перегон G , которое оказывает влияние на время восстановления движения в зависимости от размеров движения поездов. Так же, как и на однопутных линиях, количество поездов, одновременно находящихся на станции, не должно превышать ее емкости.

$N^< G^<; N^<< G^<<; C_a$ – вид связи (автоблокировка) на участке;

$G^<$ – количество приемоотправочных путей на станции со стороны нечетного направления;

$G^<<$ – количество приемоотправочных путей на станции со стороны четного направления движения;

Тогда, $2 \leq G^{(<<) } \leq 10$, если

$G^< = G^<<$, и $G^{(<<) } \geq 4$, то применяем $T_{пер}^1$ (формула (2.5)) или $T_{пер}^2$ (формула (2.6)) для дальнейших расчетов,

если $G^< \geq G^<<$, при $G^<< \geq 4$, то применяем $T_{пер}^3$ (формула (2.7)) для дальнейших расчетов;

если $G^<< \geq G^<$, при $G^< \geq 4$, то применяем $T_{пер}^4$ (формула (2.8)) для дальнейших расчетов.

Для расчетов по выведенным выше формулам определена пропускная способность двухпутных участков с расчетом коэффициента заполнения пропускной способности (пункте 1.3).

По результатам расчетов в соответствии с формулами (2.10) – (2.25) можно сделать вывод о том, влияет ли на время восстановления движения на двухпутной линии каждый фактор в отдельности, и при каких условиях (в качестве условия приводится заданное время продолжительности перерыва и длина перегонов от 10

до 20 км), в зависимости от коэффициента заполнения пропускной способности (рисунок 2.10–2.15).

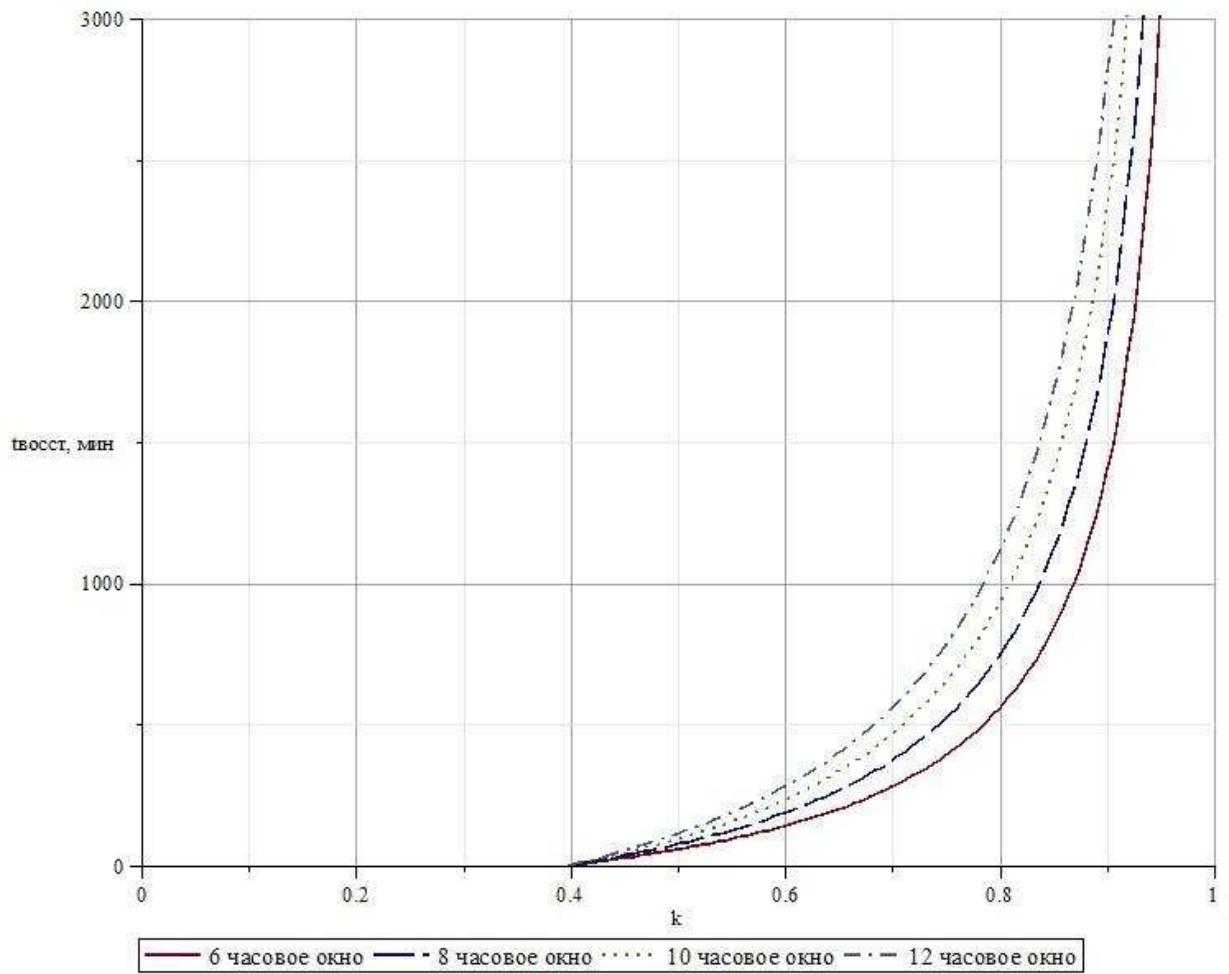


Рисунок 2.10 – График зависимости времени восстановления движения от коэффициента заполнения пропускной способности (перерыв от 6 до 12 часов, длина временно однопутного перегона 10 км)

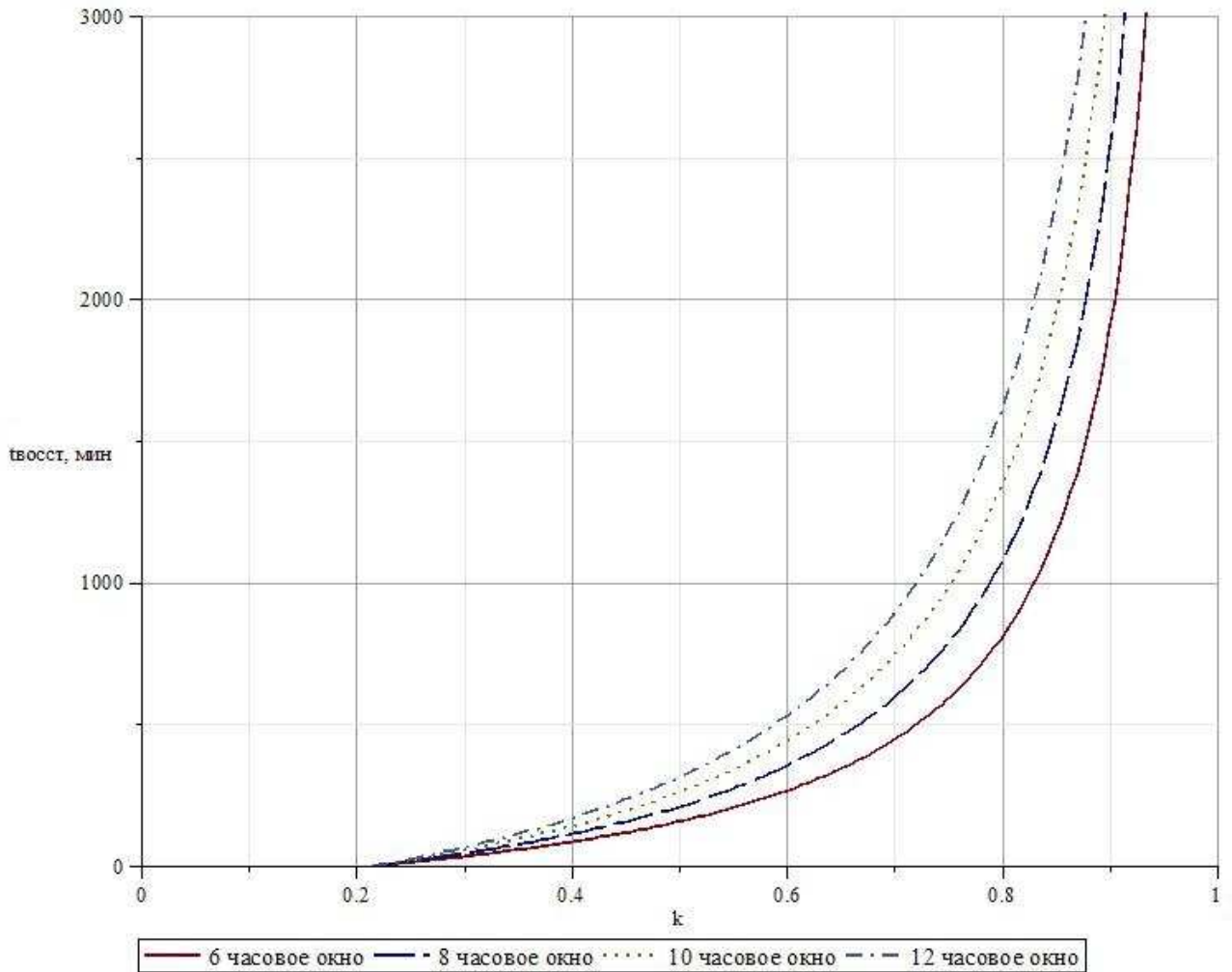


Рисунок 2.11 – График зависимости времени восстановления движения от коэффициента заполнения пропускной способности (перерыв от 6 до 12 часов, длина временно однопутного перегона 20 км)

Например, на рисунке 2.12 рассмотрен непакетный способ пропуска поездов, при коэффициенте заполнения пропускной способности 0,6 и продолжительности перерыва 20 ч время восстановления движения равно 500 мин.(8,3 ч) при условии, что длина временно однопутного перегона не более 10 км. При увеличении длины перегона до 20 км (рисунок 2.13) с таким же коэффициенте заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва время восстановления движения увеличится на 89% и составит 940 мин. (15,7 ч). При коэффициенте заполнения пропускной способности 0,8, перерыве 20

ч и длине временно однопутного перегона более 20 км время восстановления движения составит около 2 суток, то есть при таких условиях сократить время восстановления движения можно путем выбора другого способа пропуска поездов во время и после перерыва.

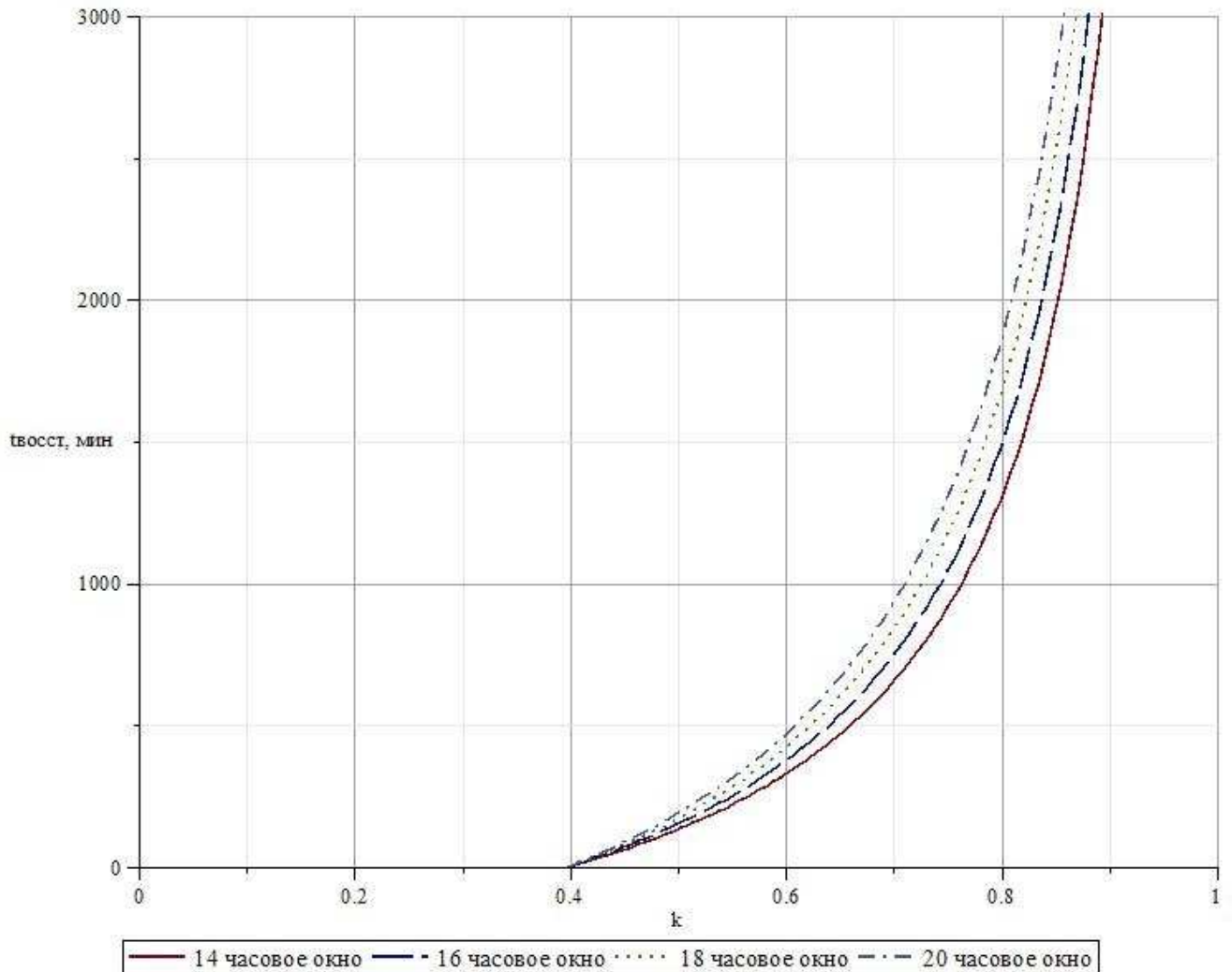


Рисунок 2.12 – График зависимости времени восстановления движения от коэффициента заполнения пропускной способности (перерыв от 14 до 20 часов, длина временно однопутного перегона 10 км)

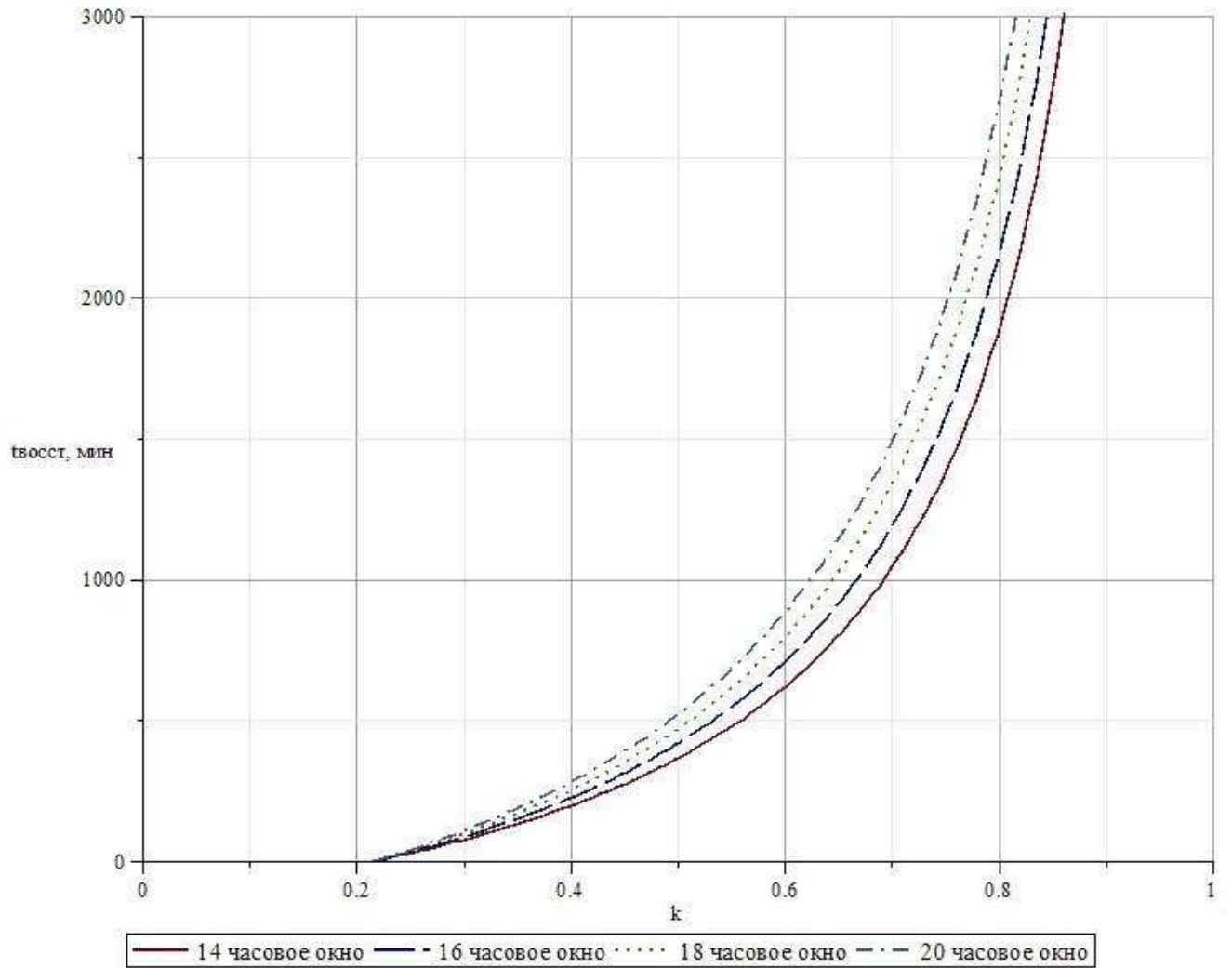


Рисунок 2.13 – График зависимости времени восстановления движения от коэффициента заполнения пропускной способности (перерыв от 14 до 20 часов, длина временно однопутного перегона 20 км)

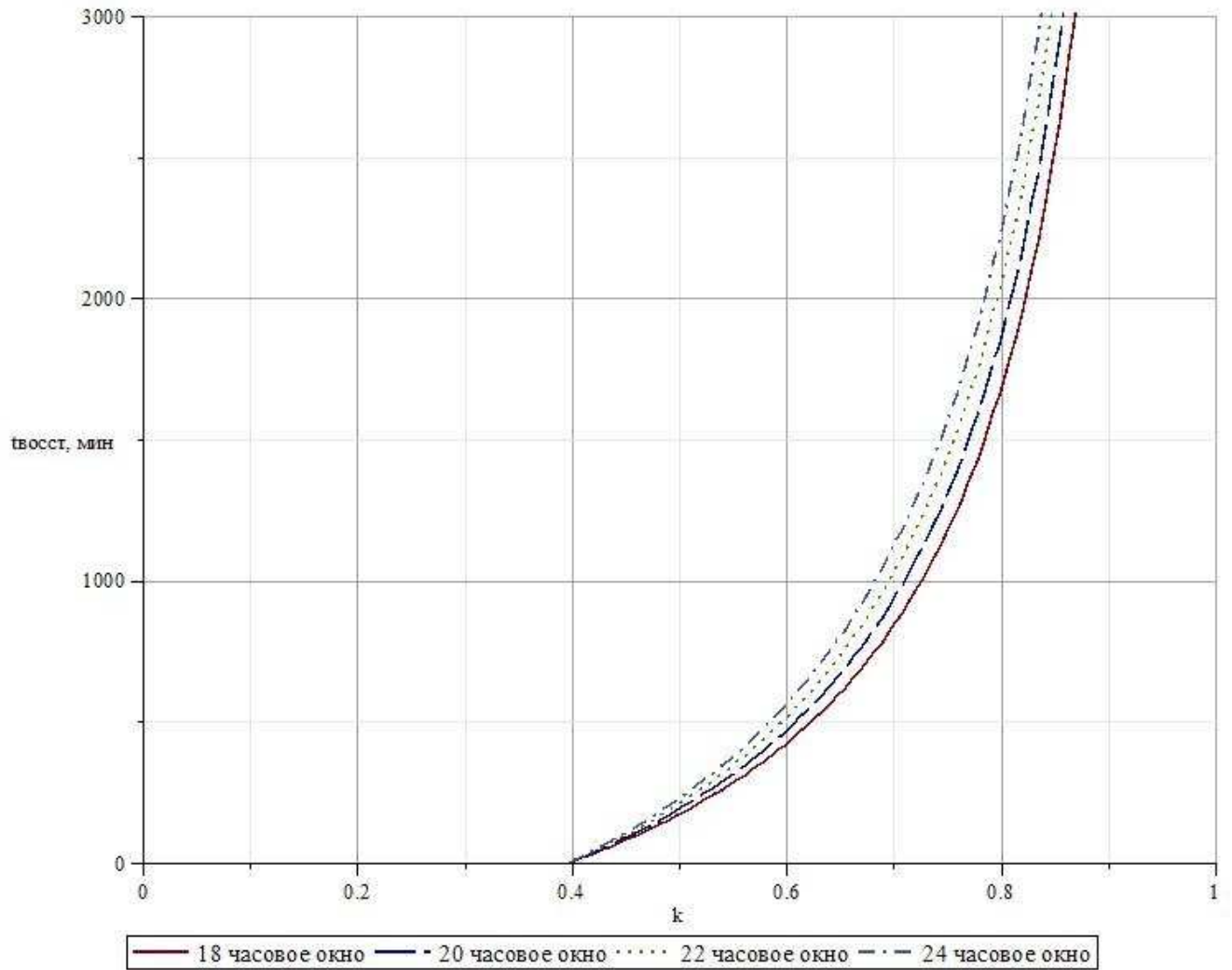


Рисунок 2.14 – График зависимости времени восстановления движения от коэффициента заполнения пропускной способности (перерыв от 18 до 24 часов, длина временно однопутного перегона 10 км)

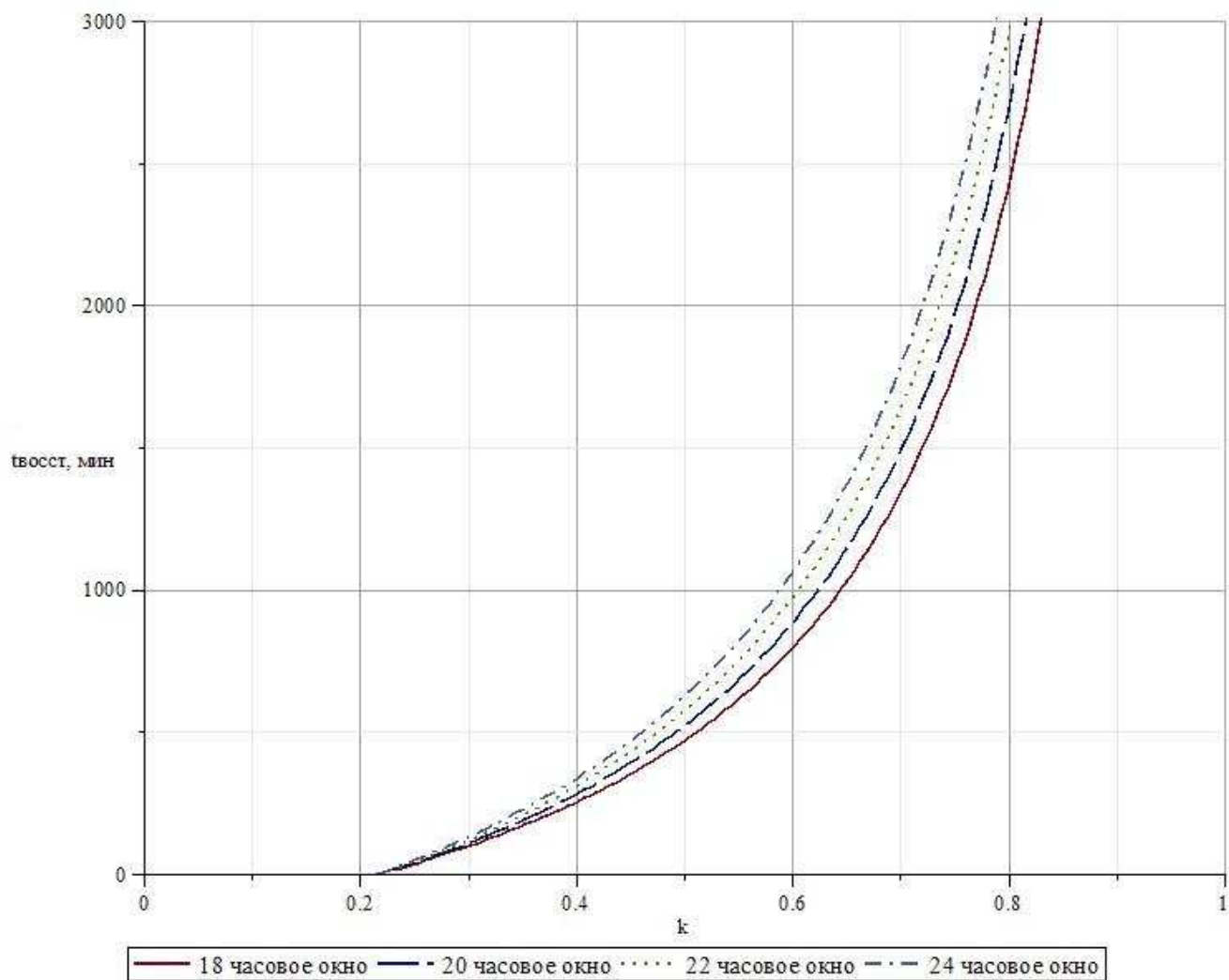


Рисунок 2.15 – График зависимости времени восстановления движения от коэффициента заполнения пропускной способности (перерыв от 18 до 24 часов, длина временно однопутного перегона 20 км)

На основании обработки результатов расчетов оценки времени перерыва в движении установлено, что:

- до 4 часов – факторы не влияют на время восстановления движения;
- от 4 до 8 часов – появляется только ограничение по количеству приемоотправочных путей на станциях, ограничивающих ремонтируемый перегон;

- от 8 до 12 часов – имеется два влияющих фактора: размеры движения поездов и путевое развитие станций, ограничивающих ремонтируемый перегон;
- от 12 до 14 часов – добавляется ограничение по путевому развитию станций, ограничивающих ремонтируемый перегон;
- от 14 до 20 часов – влияние на способ организации движения оказывают размеры движения поездов, удаленность ремонтируемого участка от сортировочной станции, путевое развитие станций, ограничивающих ремонтируемый перегон;
- от 20 до 24 часов – все рассмотренные критерии имеют большое влияние на время восстановления нормального движения поездов (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Влияние факторов при разной продолжительности перерывов на двухпутной линии

Фактор		Время перерыва в движении, ч				
		6–8	8–12	12–16	16–20	20–24
Коэффициент заполнения пропускной способности	0,3	–	–	–	–	+
	0,4	–	–	–	+	+
	0,5	–	+	+	+	+
	0,6	+	+	+	+	+
	0,7	+	+	+	+	+
	0,75	+	+	+	+	+
	0,8	+	+	+	+	+
	0,85	+	+	+	+	+
	0,9	+	+	+	+	+
0,95	+	+	+	+	+	
Длина ремонтируемого перегона		+	+	+	+	+
Путевое развитие станций, ограничивающих ремонтируемый перегон		+	+	+	+	+

В связи с тем, что в последнее время наметилась резкая тенденция снижения объемов перевозок в дальнем, местном и пригородном сообщениях на двухпутных участках Дальневосточного региона России, то в ближайшие три года увеличения размеров движения пассажирских перевозок не потребуется [32, 85, 94].

В соответствии с формулами (2.13) – (2.14), (2.22) – (2.23) получаем:

$$k_n = \frac{(1440 - t'_{nep}) \cdot \alpha_n \cdot I_{восст}}{I_{норм} \cdot (1440 - t'_{nep}) \cdot \alpha_n - N_{пас} \cdot \varepsilon_{пас}} \quad (2.28)$$

Учитывая выражения (2.14) – (2.19) получим коэффициент увеличения времени восстановления движения от размеров движения пассажирских поездов Ω :

$$\Omega = \frac{(1440 - t'_{nep}) \cdot \alpha_n}{I_{восст}} \cdot k_n \quad (2.29)$$

Полученные результаты, позволяют определить коэффициент увеличения времени восстановления движения при разном числе пассажирских поездов. Оценка влияния пассажирского движения на время восстановления движения грузовых поездов при плановых перерывах от 6 до 24 часов показала, что на двухпутных участках размеры движения пассажирских поездов позволяют проводить плановые перерывы в движении до 24 часов с учетом расписания пассажирских поездов.

2.5 Выводы по второй главе

1. Из общего числа перерывов в движении внеплановые составляют 11%, плановые – 89%. Из них перерывы, вызванные техногенными факторами, включающими отказы технических средств – 4,7%; перерывы, вызванные субъективными факторами, из-за ошибок производственного персонала – 4,2%; перерывы, вызванные стихийно-природными факторами – 2,1%; перерывы, вызванные предоставлением технологических «окон» – 21,9%; перерывы, вызванные «окнами» продолжительностью до 8 часов на двухпутных и до 4 часов на однопутных линиях – 19,3%; перерывы, вызванные «окнами» продолжительностью до 24 часов на двухпутных и до 12 часов на однопутных линиях – 47,8%.
2. Ограничениями, вызывающими трудности при организации пропуска поездов во время и после перерыва в движении на двухпутных и однопутных линиях Дальневосточного региона и влияющими на время восстановления движения, являются:
 - продолжительность перерыва;
 - размеры движения пассажирских поездов,
 - коэффициент заполнения пропускной способности;
 - количество путей на станциях, ограничивающих перегон.
3. На однопутных линиях при исследовании увеличения времени перерыва в движении с 4 до 12 часов, время восстановления движения поездов увеличивается в зависимости от коэффициента заполнения пропускной способности.

Оценка влияния пассажирского движения на время восстановления движения при плановых перерывах показала, что на однопутных участках размеры движения пассажирских поездов позволяют

предоставлять плановые перерывы в движении до 12 часов с учетом расписания движения пассажирских поездов так, чтобы время их проследования по ремонтируемому перегону не совпадало со временем продолжительности проведения «окна».

4. Полученные результаты оценки времени перерыва в движении для двухпутных участков, при существующем коэффициенте заполнения пропускной способности, позволяют отметить следующее:
- до 4 часов – факторы не влияют на время восстановления движения;
 - от 4 до 8 часов – появляется только ограничение по количеству путей на станциях, ограничивающих ремонтируемый перегон;
 - от 8 до 12 часов – имеется два влияющих фактора: размеры движения поездов и путевое развитие станций, ограничивающих ремонтируемый перегон;
 - от 12 до 14 часов – добавляется ограничение по путевому развитию станций, ограничивающих ремонтируемый перегон;
 - от 14 до 20 часов – влияние на способ организации движения оказывают размеры движения поездов, удаленность ремонтируемого участка от сортировочной станции, путевое развитие станций, ограничивающих ремонтируемый перегон;
 - от 20 до 24 часов – все рассмотренные критерии имеют большое влияние на задержки поездов, а, следовательно, и на способ организации движения во время и после «окна».

Оценка влияния пассажирского движения на время восстановления движения грузовых поездов при плановых перерывах от 6 до 24 часов показала, что на двухпутных участках размеры движения пассажирских поездов позволяют проводить плановые перерывы в движении до 24 часов с учетом расписания пассажирских поездов.

ГЛАВА 3 ВЫБОР СПОСОБА ПРОПУСКА ПОЕЗДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ПЕРЕРЫВА В ДВИЖЕНИИ И ЕГО ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

3.1 Определение возможных вариантов организации движения

Современные условия требуют минимизации задержек поездов при пропуске их во время и после временных перерывов в движении («окон»), на основе тщательного технико-экономического обоснования исходя из ограничений и факторов, характеризующих каждый участок, где расположен перегон с перерывом в движении.

Технология пропуска грузовых и пассажирских поездов по одному главному пути в условиях закрытия второго зависит от длины перегона, на котором закрывается главный путь и размеров движения поездов на участке.

Способ организации движения характеризуется типом применяемого графика движения поездов [46]. Основной задачей организации движения во время и после перерыва в движении является осуществление мер, позволяющих выполнить заданные размеры перевозок и в то же время не ухудшить основные показатели работы (оборот вагонов, использование локомотивов, эксплуатационные расходы) [22].

В зависимости от очередности пропуска поездов по ограничивающему участку способ организации движения λ может принимать как *непакетный*, *пакетный*, *частично-пакетный* типы графиков, так и временное *соединение* поездов. Целесообразность выбора того или иного типа графиков, главным образом, обусловлена необходимостью создания требуемого для

рассматриваемого участка, уровня пропускной способности. Уже в настоящее время более 14% железнодорожных участков сети железных дорог Дальнего Востока функционируют в условиях коэффициента заполнения пропускной способности, превышающего 0,9. По прогнозам к концу 2015–16 г.г. количество таких участков возрастет до 35–40% [37].

Двухсторонний непакетный график движения поездов предполагает, что поезда пропускаются по временно однопутному перегону при закрытии двухпутного участка по мере их прибытия и останавливаются на подходе к нему при полном закрытии перегона (однопутный участок). Варианты пропуска с применением непакетного графика рассмотрены в главе 2. Организацию пропуска поездов с применением непакетного графика обозначим как $\lambda=1$. При условии, когда применение непакетного графика невозможно, так как значение времени восстановления движения стремится к бесконечности, рассмотрим другие варианты пропуска поездов и оценим их влияние на время восстановления движения.

Рассмотрим варианты пакетного графика (пропуск поездов с применением пакетного графика обозначим как $\lambda=2$).

Двухсторонний пакетный пропуск поездов – способ, когда поезда по временно однопутному перегону пропускаются пакетами. Организация двух разных пакетов поездов заключается в образовании первого пакета в результате безостановочного следования поездов одного направления по графику со средним интервалом, а второго (обратного направления) — в результате накопления поездов перед перегонем с «окном» и с последующим пропуском их по временно однопутному перегону. Для образования пакетов с равным количеством поездов по временно однопутному перегону сначала в одном направлении со средним интервалом между поездами пропускают регулировочный пакет (количество поездов в этом пакете зависит от интенсивности подхода поездов в данный период суток), что дает возможность накопить поезда для пакета противоположного направления. Поезда в пакете пропускают с минимальным интервалом (для обеспечения безопасности движения он составляет 10 мин) до

тех пор, пока этот интервал может быть обеспечен, затем в обратном направлении пропускают такой же пакет поездов, и так до восстановления движения поездов в нормальном режиме (по нормативному графику движения) [22].

При таком способе пропуска поездов (при двух поездах в пакете) через перегон при безостановочном их скрещении период графика будет равен:

$$T_{пер}^{нак} = 2 \cdot t_x + 2 \cdot \tau_{ск} + 2 \cdot I(j-1) = T_{пер} + 2 \cdot I(j-1) \quad (3.1)$$

где j – число поездов в пакете, I – межпоездной интервал, мин.

Из приведенной выше формулы видим, что для пары поездов период графика:

$$T_{пер}^{нак}' = \frac{T_{пер} + 2 \cdot I(j-1)}{j} \quad (3.2)$$

Исследования данной работы показали, что применение такого графика движения максимально сокращает задержки поездов в случае организации движения после проведения «окна» на однопутном участке при полной остановке движения, так как есть возможность заблаговременно скопить поезда на пакеты и далее в порядке приоритетности пропускать их через открытый однопутный перегон. Здесь оказывают влияние: число путей на станциях участка G и длина закрываемого перегона $l_{перг}$.

Рассмотрим варианты пропуска поездов с применением частично-пакетного графика ($\lambda=3$).

При пропуске поездов с применением частично-пакетного графика через перегон при безостановочном их скрещении период графика будет равен:

$$T_{пер}^{ч/нак} = 4 \cdot t_x + 4 \cdot \tau_{ск} + 2 \cdot I \cdot (j-1) = 2 \cdot T_{пер} + 2 \cdot I \cdot (j-1) \quad (3.3)$$

Тогда, на одну пару поездов:

$$T_{пер}^{ч/пак}' = \frac{2 \cdot T_{пер} + 2 \cdot I(j-1)}{j+1}. \quad (3.4)$$

Таким образом, при организации движения с применением частично-пакетного графика время восстановления движения поездов по нормативному графику по сравнению с двухсторонним непакетным пропуском сократится на 27%. Применение такого типа графика является оптимальным, когда другие варианты графиков движения неприменимы при недостаточном путевом развитии промежуточных станций и неравномерном подходе поездов разных направлений.

Несмотря на то, что по сравнению с двухсторонним непакетным графиком частично-пакетный дает незначительное сокращение задержек поездов. Он может быть рекомендован для применения в условиях недостаточного путевого развития промежуточных станций и неравномерного подхода поездов разных направлений.

3.2 Применение способов пропуска поездов на двухпутных линиях

В условиях закрытия одного главного пути и организации двустороннего пропуска поездов по второму, на нем устанавливается ограничение скорости движения, которая одинакова как для грузовых, так и для пассажирских поездов. Данное ограничение характеризует тип графика проследования участка как *параллельный*. Однако данная параллельность носит несколько условный характер вследствие разного времени разгона грузовых и пассажирских поездов и зависит от характера их пропуска.

Таким образом, можно сделать вывод, что $N_{общ}$ (общее количество поездов пропущенных за время перерыва в движении) зависит от периода графика $T_{пер}$, который принимает разные значения в зависимости от λ (способа пропуска поездов).

Выбор способа пропуска поездов осуществляется исходя из минимальных числа поездо-часов задержек перегону при этом $t_{воссм} \rightarrow min$, тогда:

α_n - коэффициент надежности подвижного состава (J) и инфраструктуры (G) [28],

$$\alpha_n(J) = \begin{cases} 0.96, & \text{при } G = 2, J = J_{эл}; \\ 0.95, & \text{при } G = 2, J = J_{менл}; \\ 0.93, & \text{при } G = 1, J = J_{эл}; \\ 0.92, & \text{при } G = 1, J = J_{менл}; \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\alpha_n(G) = \begin{cases} 1, & G^{a,b} = 4 \text{ при } G_{см}^a = G_{см}^b; \\ 0.7, & 3 \leq G^{a,b} \leq 4 \text{ при } G_{см}^a \neq G_{см}^b; \\ 0.6, & G^{a,b} = 3 \text{ при } G_{см}^a = G_{см}^b; \\ 0.5, & 2 \leq G^{a,b} \leq 4 \text{ при } G_{см}^a \neq G_{см}^b; \end{cases} \quad (3.6)$$

После исследования по формулам (3.1) – (3.6) получены зависимости времени восстановления движения на участке от способа пропуска поездов при разной продолжительности перерыва в движении (рисунки 3.1–3.11).

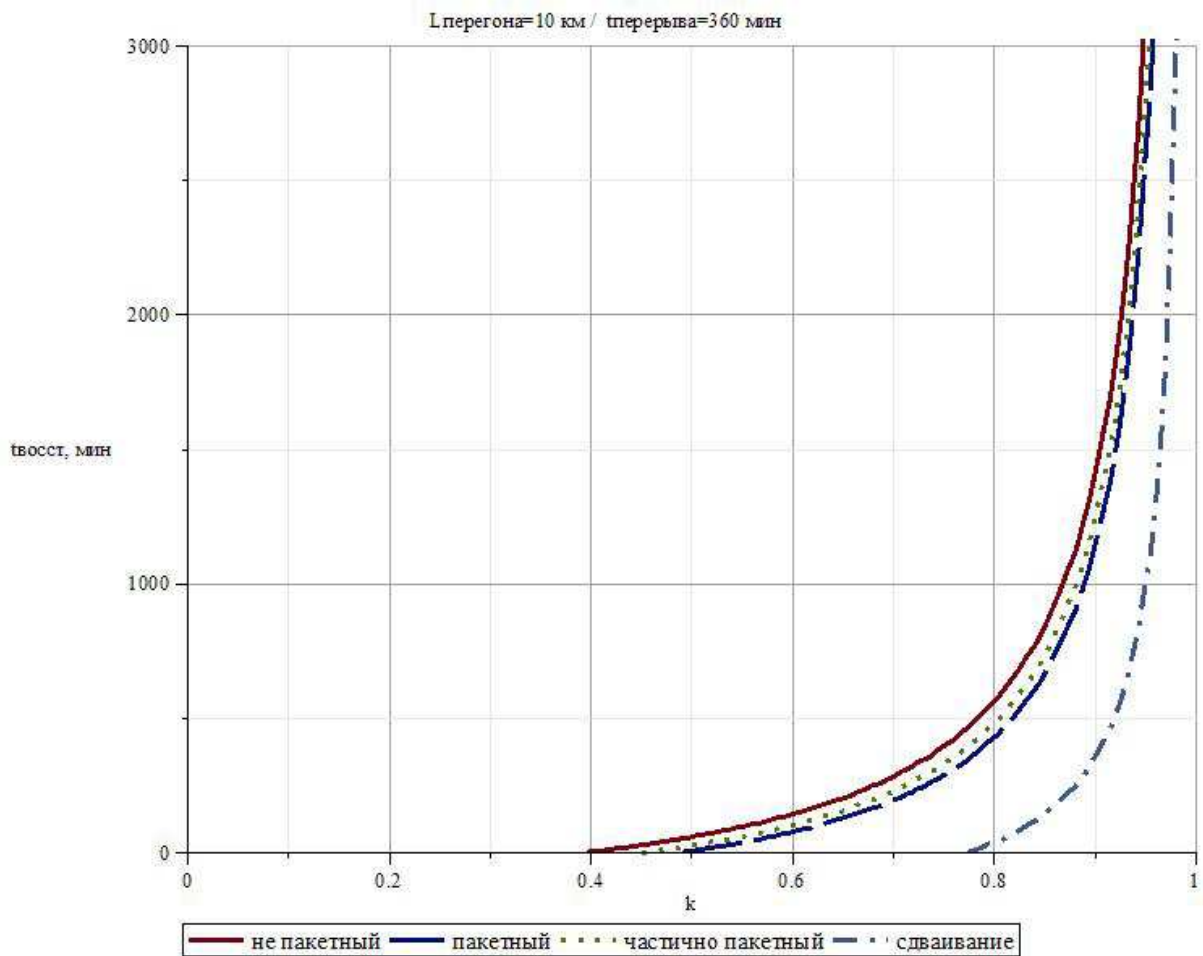


Рисунок 3.1 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва б ч

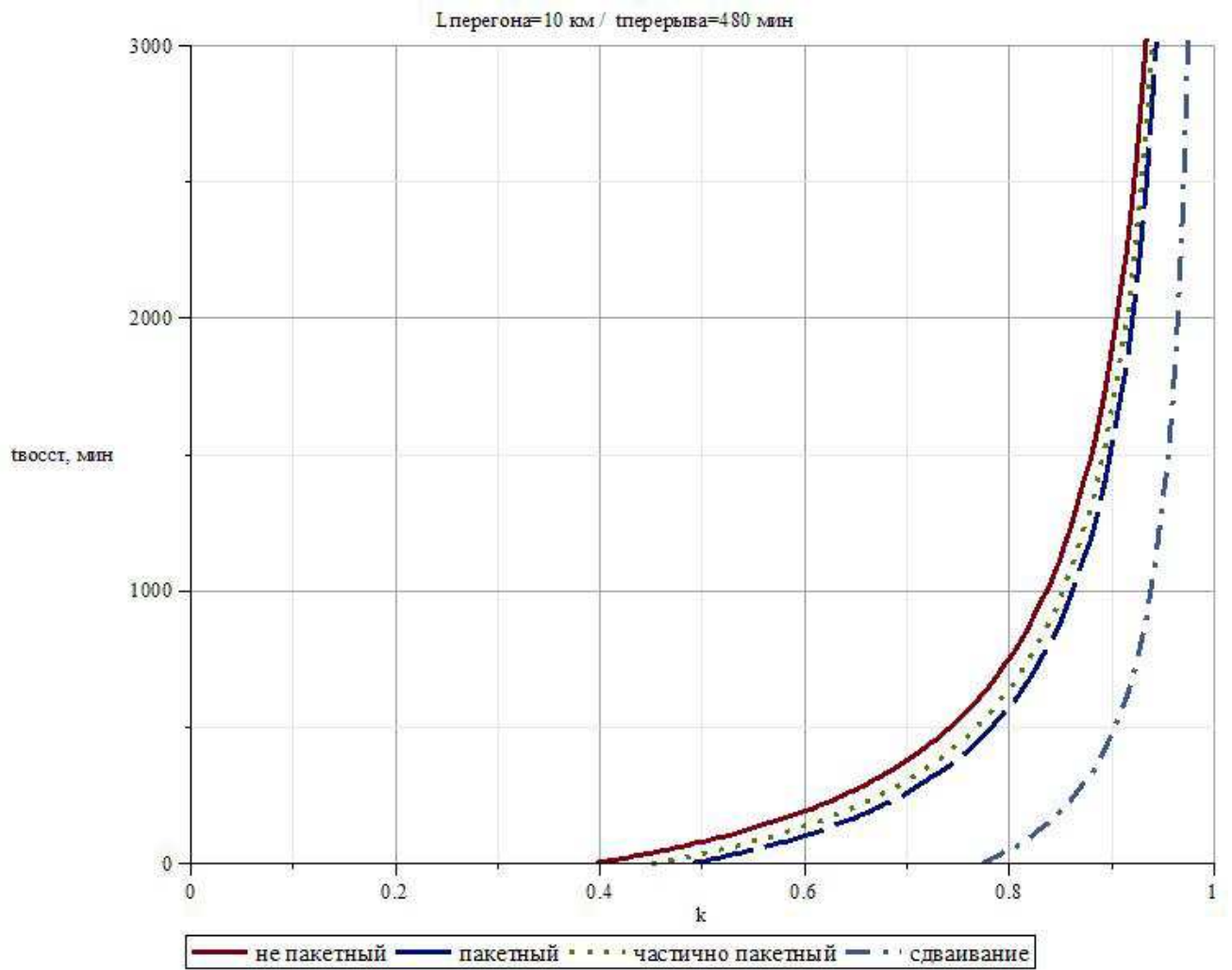


Рисунок 3.2 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва 8 ч (длина временно однопутного перегона 10 км).

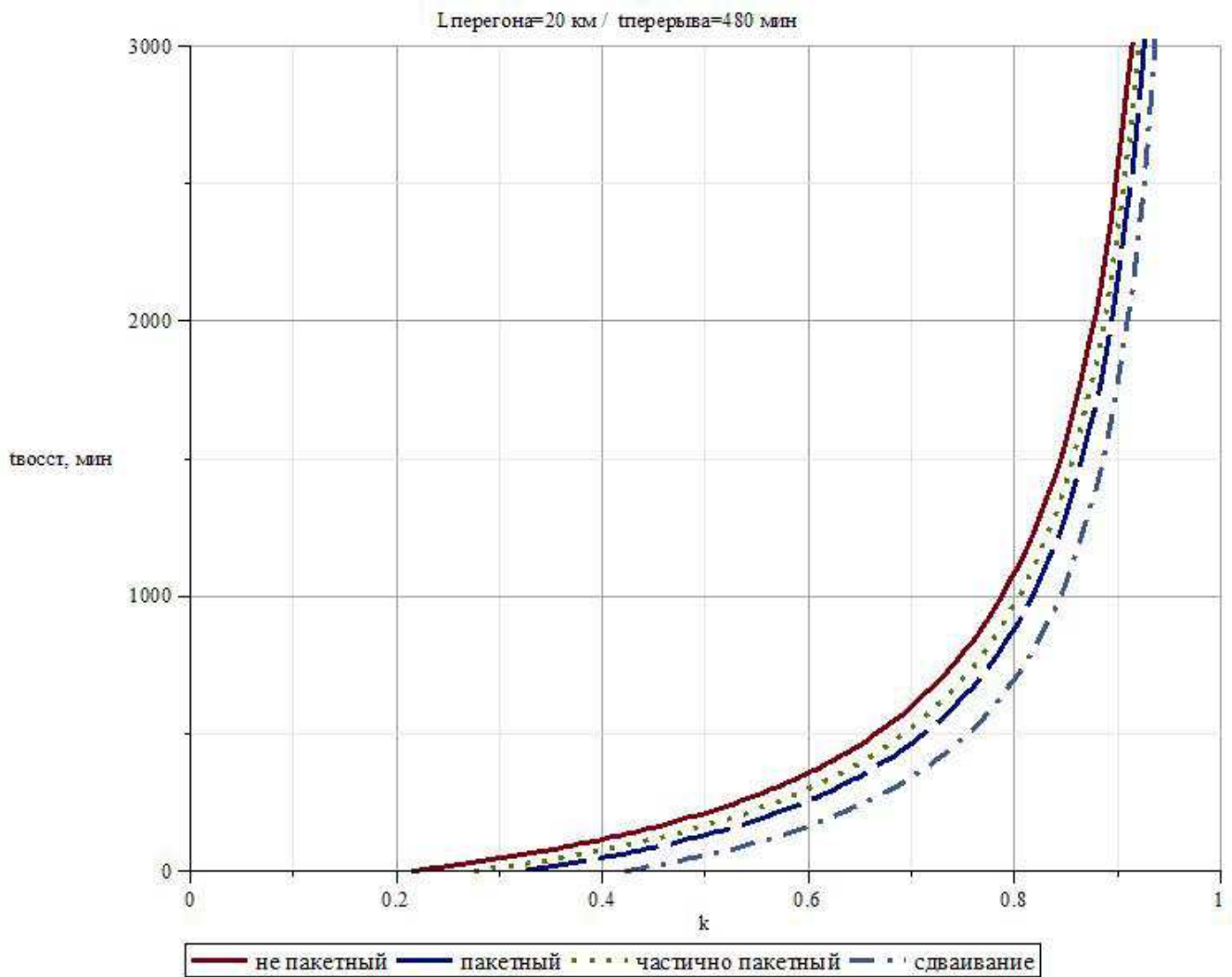


Рисунок 3.3 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва 8 ч (длина временно однопутного перегона 20 км)

Так, при времени перерыва 12 ч, длине временно однопутного перегона 10 км, коэффициенте заполнения пропускной способности 0,5, при непакетном способе пропуска время восстановления движения равно 190 мин (3,17 ч), при частично-пакетном – 70 мин. При пакетном пропуске поездов во время «окна», время восстановления после него будет минимально и вызвано только ограничением скорости движения поездов при проследовании перегона после ремонта (рисунок 3.4).

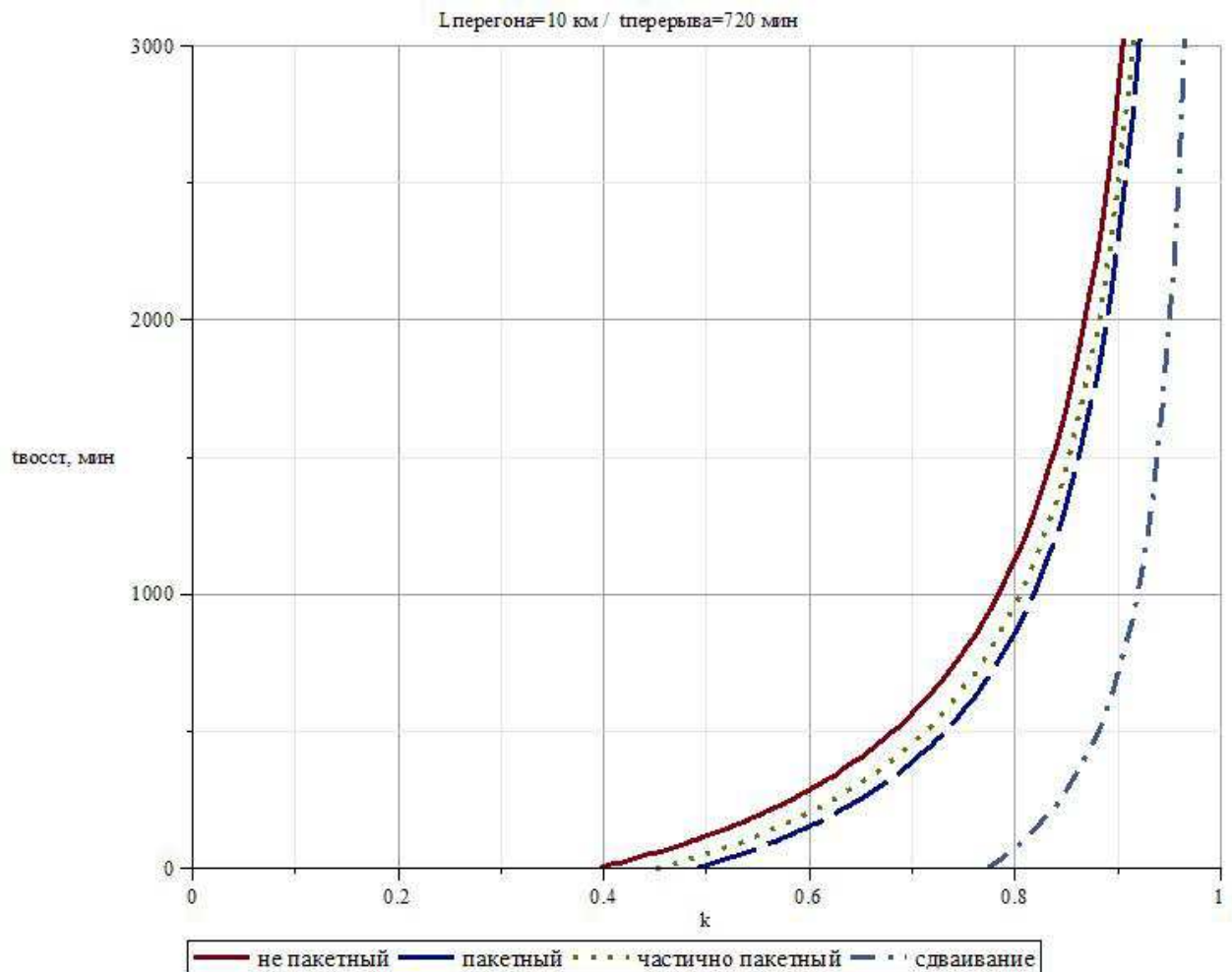


Рисунок 3.4 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва 12 ч (длина временно однопутного перегона 10 км)

При увеличении длины временно однопутного перегона до 20 км и тех же условиях, время восстановления движения даже при пакетном пропуске поездов увеличится и составит 210 мин (3,5 ч) (рисунок 3.5).

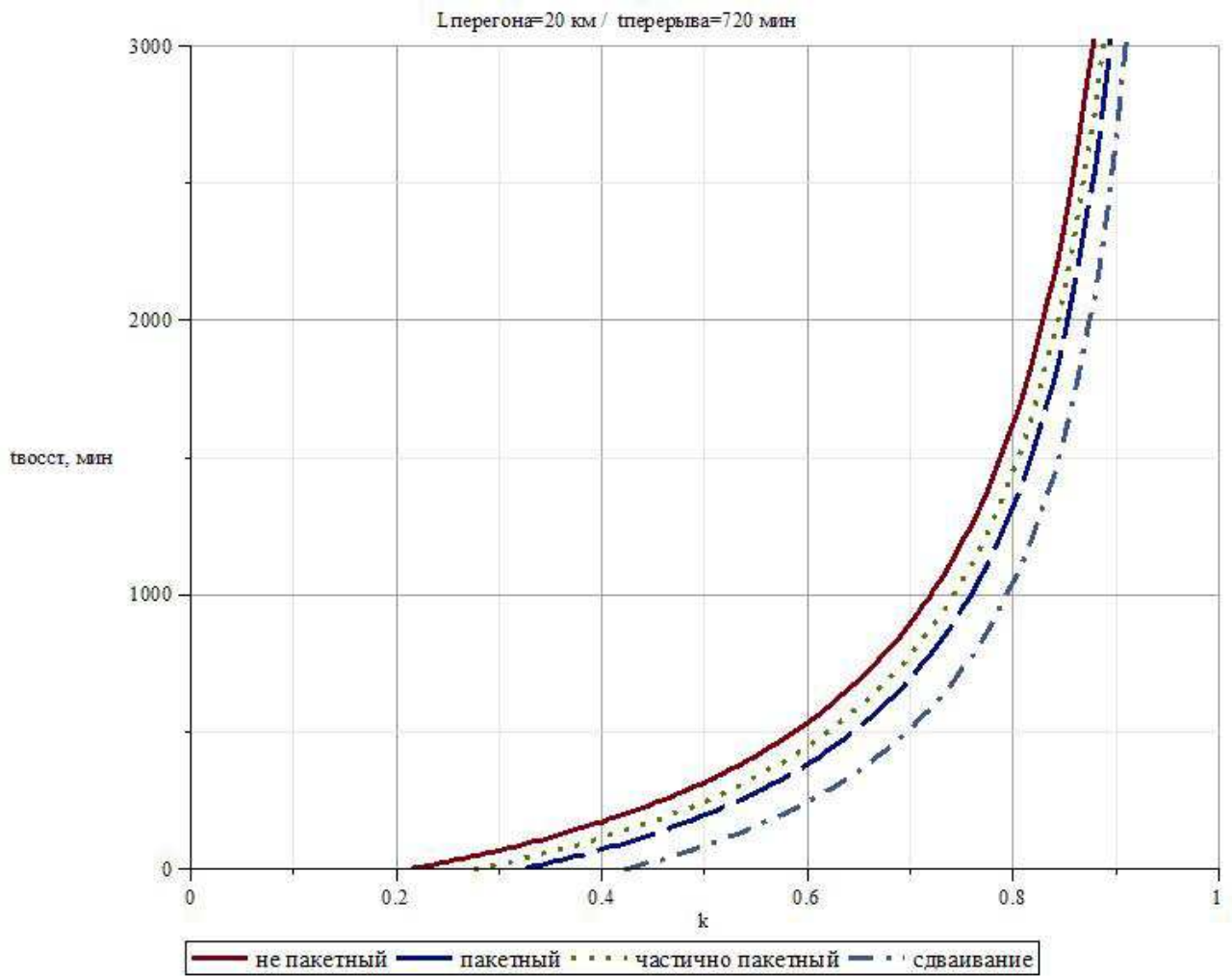


Рисунок 3.5 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва 12 ч (длина временно однопутного перегона 20 км)

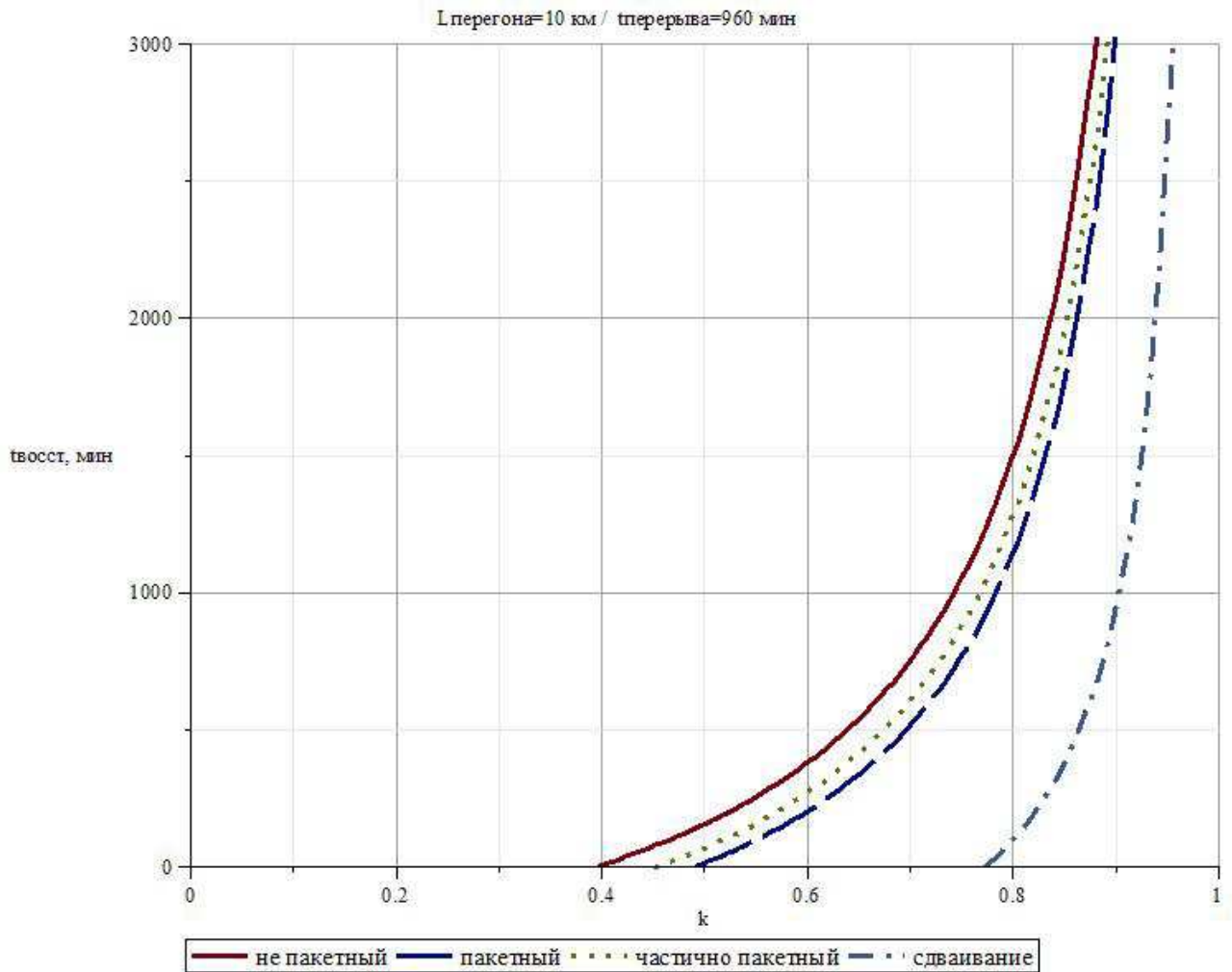


Рисунок 3.6 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва 16 ч (длина временно однопутного перегона 10 км)

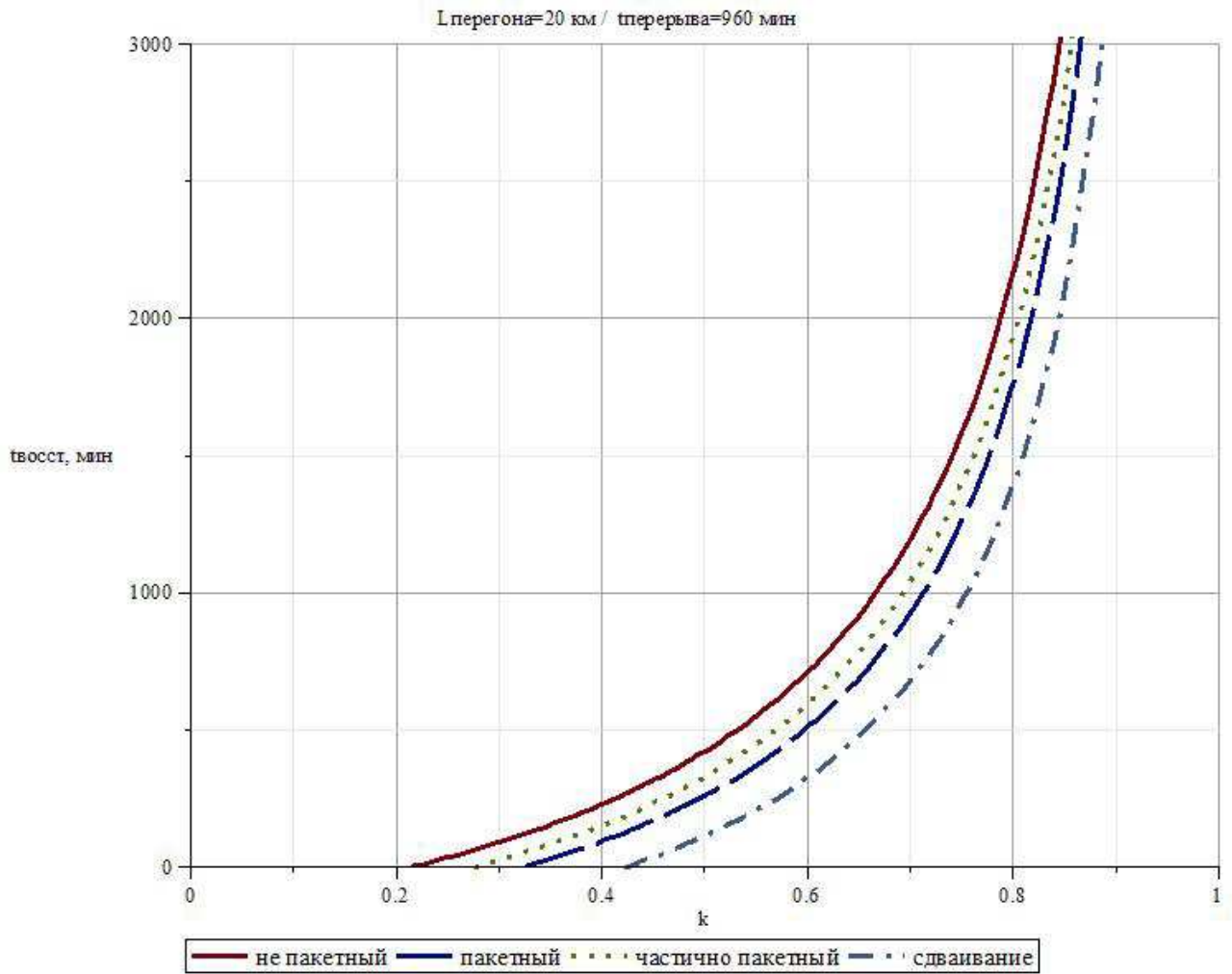


Рисунок 3.7 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва 16 ч (длина временно однопутного перегона 20 км)

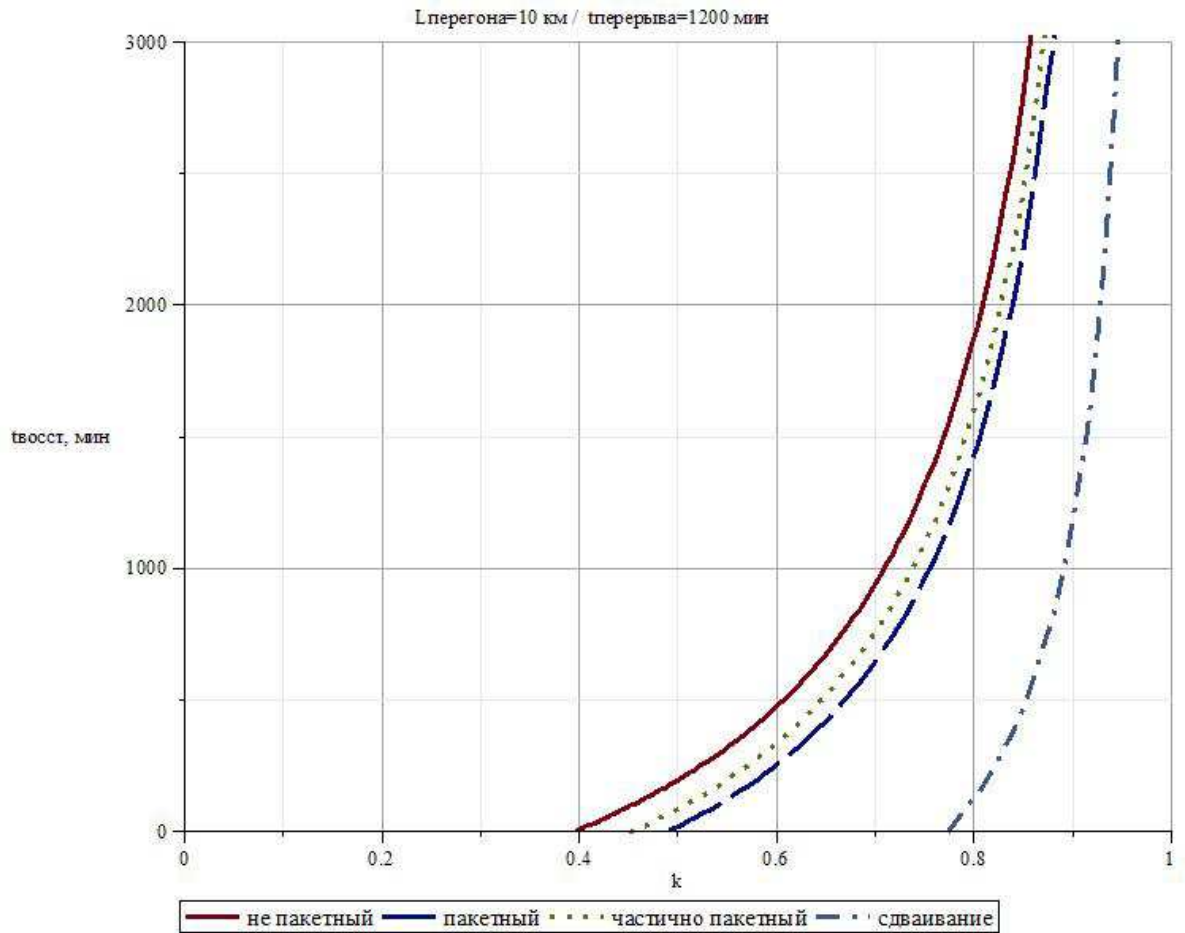


Рисунок 3.8 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва 20 ч (длина временно однопутного перегона 10 км)

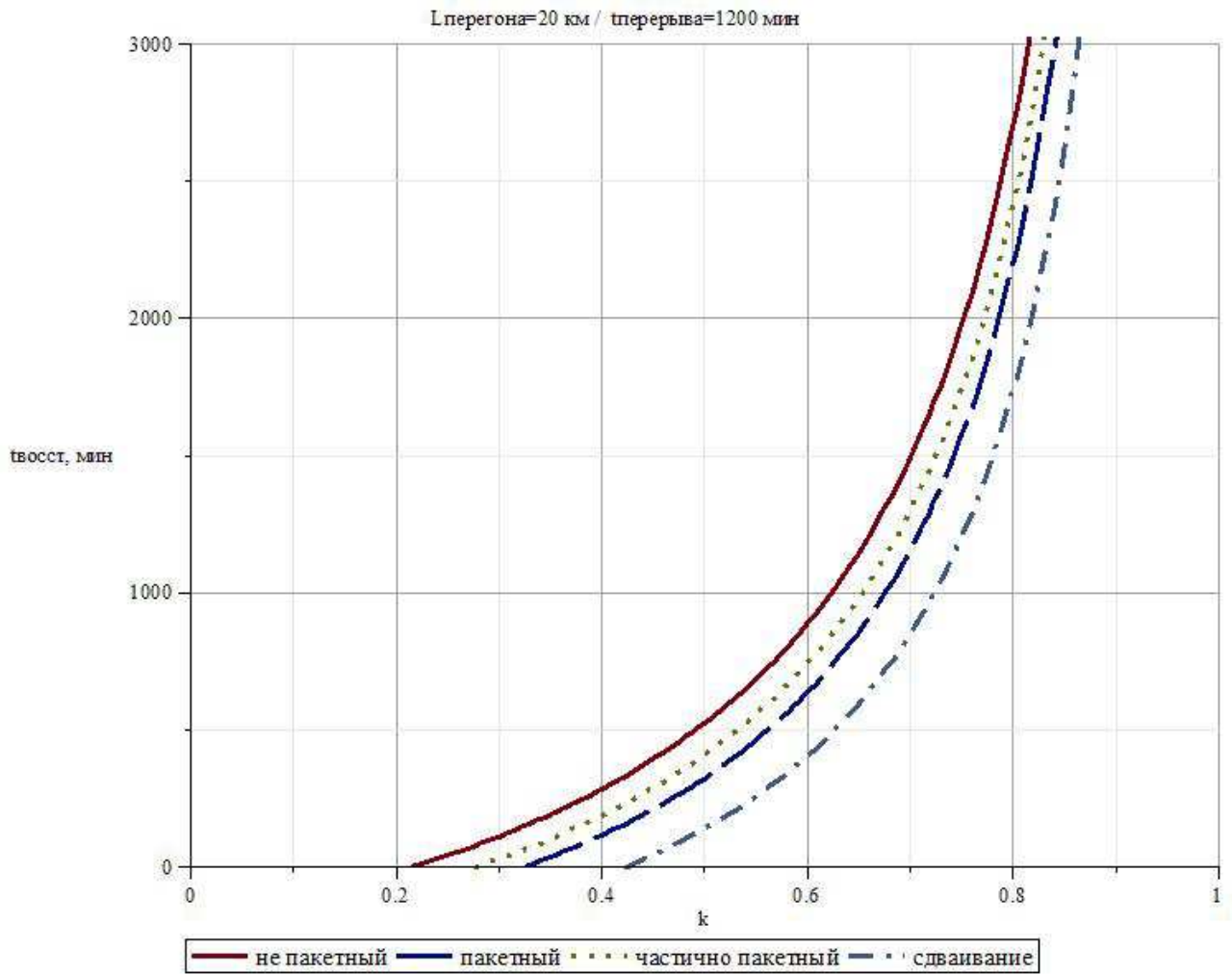


Рисунок 3.9 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва 20 ч (длина временно однопутного перегона 20 км)

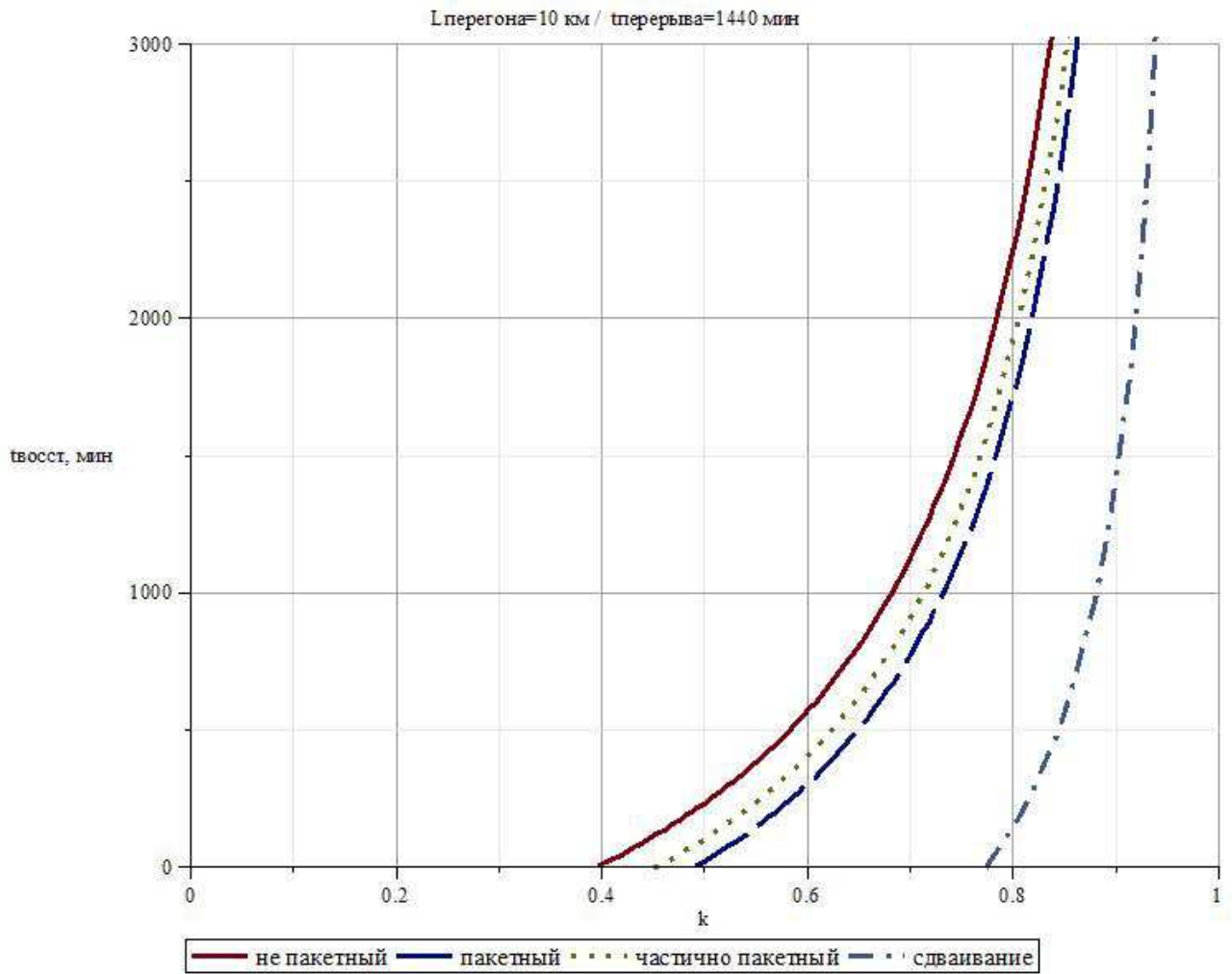


Рисунок 3.10 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва 24 ч (длина временно однопутного перегона 10 км)

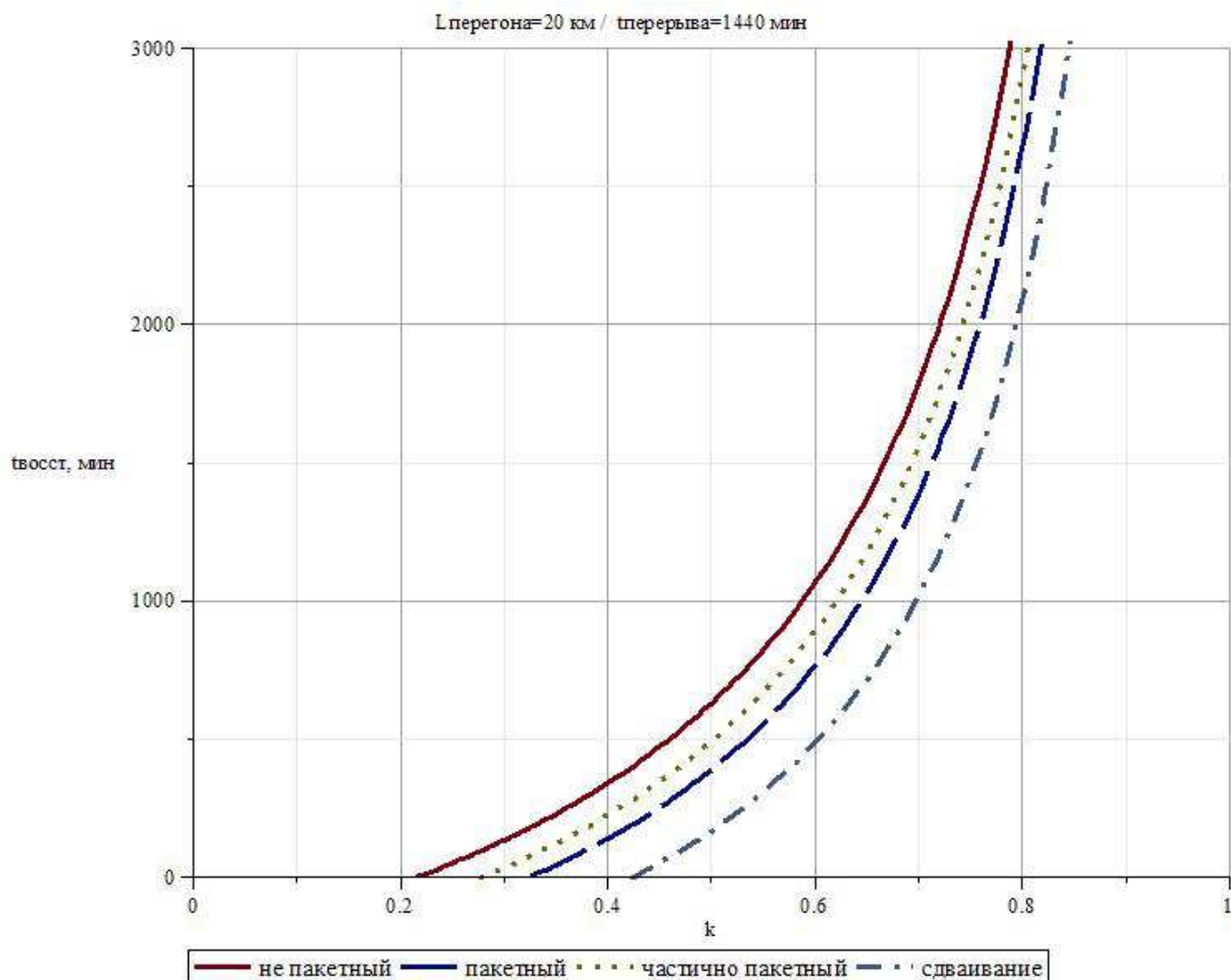


Рисунок 3.11 – Зависимость времени восстановления от способа пропуска поездов при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности и продолжительности перерыва 24 ч (длина временно однопутного перегона 20 км)

Для двухпутных линий после предоставления перерыва, сократить время восстановления движения и снизить задержки поездов можно путем применения пропуска соединенных поездов и при увеличении числа поездов в пакете при пакетном способе организации движения.

Организация обращения соединенных поездов на двухпутных линиях после предоставления планового перерыва в движении производится путем

соединения на перегонах или на станциях двух или более одиночных поездов [72]. Поезда, проследовавшие по ремонтируемому перегону соединенными, разъединяются на следующем либо на более дальнем перегоне и далее пропускаются как обычные поезда. При разъединении поезда задерживаются, так как одиночные поезда должны быть разграничены межпоездным интервалом [29].

Сразу после предоставления «окна» определенное время пропускаются поезда со средним интервалом по правильному пути. В это время происходит накопление поездов встречного направления. После перемены направления следования накапливаются и объединяются поезда другого направления.

Поезда в последнем пакете перед открытием пути и после окончания «окна» следуют одиночными. Здесь имеет место постепенное уменьшение величины простоя поездов и восстанавливается нормальное поездное положение. Поезда, проследовавшие по ремонтируемому перегону сдвоенными, соединяются на следующем либо на более дальнем перегоне и далее пропускаются как обычные поезда. При разъединении поезда задерживаются, так как одиночные поезда должны быть разграничены межпоездным интервалом.

Для пропуска сдвоенных поездов необходимы нормы времени на соединение и разъединение поездов. Общая продолжительность соединения составляет 8 мин, а разъединение поездов 6 мин [60]. Следовательно, время хода поездов по перегону увеличивается на 14 минут.

При организации пропуска поездов по временно однопутному перегону с применением метода сдваивания поездов ($\lambda=4$) применяются приведенные выше формулы с учетом двойной длины поезда. Количество сдвоенных поездов, которые целесообразно отправлять в пакете обратного направления, должно также устанавливаться исходя из полного использования пропускной способности.

С повышением заполнения пропускной способности эффект от применения двухстороннего пакетного движения увеличивается. Двухсторонний пропуск поездов пакетами по временно однопутному перегону во время перерыва и после него до момента восстановления движения рассмотрен на рисунках 3.1 – 3.11 при

двух поездах в пакете обоих направлений. В то же время, увеличение их числа значительно влияет на время восстановления движения, особенно при организации пропуска поездов при перерывах продолжительностью более 12 ч. и при повышении заполнения пропускной способности, в этих случаях эффект от применения двухстороннего пакетного движения увеличивается (рисунок 3.12).

Проведенное исследование влияния количества поездов в пакете при пакетном пропуске на время восстановления движения показало, что применение трех – шести поездов в пакете позволяет в среднем уменьшить время восстановления движения поездов по сравнению с пропуском при двух поездах в пакете на 10-35%.

В диссертационной работе была определена пропускная способность участка на период времени предоставления «окна» в случае, если движение организуется по временно однопутному перегону (движение поездов прекращается по одному из путей двухпутного участка).

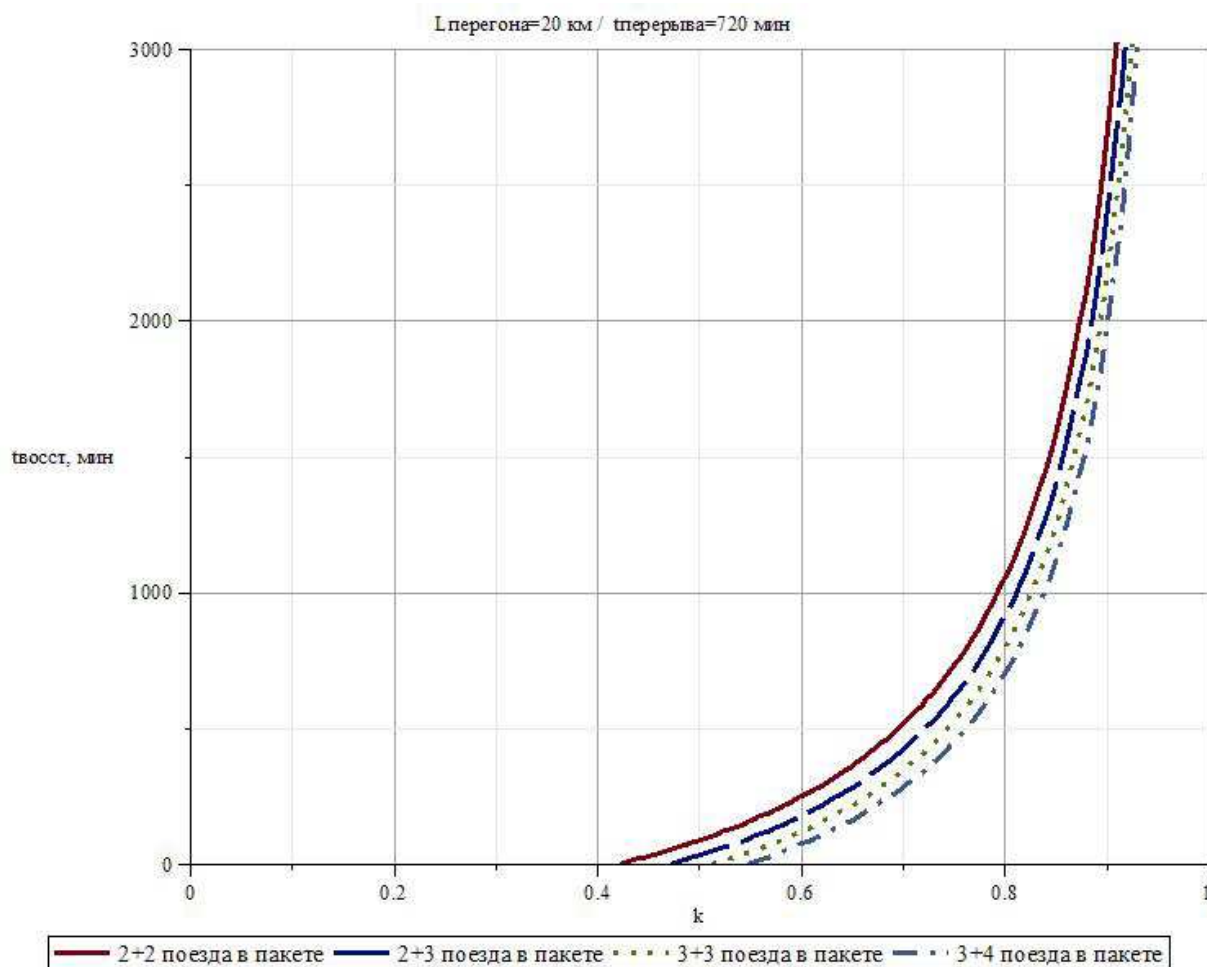


Рисунок 3.12 – Зависимость времени восстановления от числа поездов в пакете при пакетном способе пропуска поездов и при разных значениях коэффициента заполнения пропускной способности (продолжительность перерыва 12 ч, длина временно однопутного перегона 20 км)

После проведенного анализа влияния способов пропуска поездов на время восстановления движения в период и после предоставления «окна» в работе построены варианты графики движения при двустороннем непакетном, двустороннем пакетном, частично-пакетном пропуске, а так же пропуске соединёнными поездами (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Рекомендации по выбору способа пропуска поездов для двухпутной линии с минимальным временем восстановления движения

Условия						Способ пропуска поездов
Кол-во путей для движения п-в на рем. пер-не	Продолжительность перерыва («окна»), ч	Размеры движения грузовых поездов, пар поездов в сутки	Размеры движения пассаж поездов, пар поездов в сутки	Путевое развитие промежуточных станций огранич. рем перегон G, путей	Расстояние от (до) сортировочной (технич.) станции до рем. перегона Lcc (Ltex)	
S=1	$4 < t_{пер} < 8$	$N_{гр} < 70$	$0 < N_{пасс} < 12$	$2 < G < 6$	-	Частично-пакетный
	$8 < t_{пер} < 12$				-	Частично-пакетный
	$12 < t_{пер} < 18$				Lcc (Ltex) → min	Двухсторонний пакетный,
	$18 < t_{пер} < 24$	$N_{гр} < 60$	$0 < N_{пасс} < 8$		-	Частично-пакетный
					Lcc (Ltex) → min	Двухсторонний пакетный,
				Lcc (Ltex) → min	Соединёнными поездами	

Таким образом, на двухпутных участках, где количество путей для пропуска поездов в период предоставления «окна»:

- при $S=1$, и условиях $4 < t_{пер} < 8$ часов, $N_{гр} <$ пропускной способности, $0 < N_{пасс} < 12$ пар поездов в сутки, $2 < G < 4$ пути - подходит любой из предложенных методов организации движения во время и после «окна» $\lambda=1-4$;
- при $S=1$, и условиях $8 < t_{пер} < 12$ часов, $N_{гр} < 70$ пар поездов в сутки, $0 < N_{пасс} < 10$ пар поездов в сутки, $4 < G < 6$ путей - частично-пакетный, пакетный и соединенный способы пропуска поездов $\lambda=2-4$;

- при $S=1$, условиях $12 < T_{\text{пер}} < 18$ часов, $N_{\text{гр}} < 70$ пар поездов в сутки, $0 < N_{\text{пасс}} < 10$ пар поездов в сутки, $2 < G < 6$ путей, $L_{\text{сс}} (L_{\text{тех}}) \rightarrow \min$ – пакетный способ пропуска поездов $\lambda=2$;
- при $S=1$, условиях $18 < T_{\text{пер}} < 24$ часа, $N_{\text{гр}} < 60$ пар поездов в сутки, $0 < N_{\text{пасс}} < 8$ пар поездов в сутки, $2 < G < 6$ путей, $L_{\text{сс}} (L_{\text{тех}}) \rightarrow \min$ – способ соединения поездов $\lambda=4$.

На двухпутных участках, где в период перерыва в движении поезда пропускаются по временно однопутному перегону в течение времени перерыва:

- при условиях, что время перерыва в движении от 4 до 8 часов, размеры движения грузовых поездов меньше наличной пропускной способности участка и размеры движения пассажирских поездов менее 12 пар поездов в сутки, а число путей на станциях участка 3-4 – можно применять непакетный способ пропуска поездов при длине закрываемого перегона 30-50% от длины максимального; или частично-пакетный при длине закрываемого перегона 50% и более от длины максимального;
- при условиях, что время перерыва в движении от 8 до 12 часов, размеры движения грузовых поездов меньше наличной пропускной способности участка и размеры движения пассажирских поездов менее 10 пар поездов в сутки, а число путей на станциях участка 4-6 – можно применять частично-пакетный способ пропуска поездов при длине закрываемого перегона 30-50% от длины максимального, а при длине закрываемого перегона 50% и более от длины максимального пакетный способ пропуска поездов (при числе поездов в пакете 2) или соединенный способы пропуска поездов;
- при условиях, что время перерыва в движении от 12 до 18 часов, размеры движения грузовых поездов меньше наличной пропускной способности участка и размеры движения пассажирских поездов менее 10 пар поездов в сутки, число путей на станциях участка 3-6

и закрываемый перегон на 10–25% от общей длины участка приближен к сортировочной, технической или участковой станции – применять пакетный способ пропуска поездов;

- предоставление перерыва в движении от 18 до 24 часов, возможно при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,7, при предоставлении такого перерыва и условиях число путей на станциях участка 3–6 и закрываемый перегон на 10-25% от общей длины участка приближен к сортировочной, технической или участковой станции – применять способ пропуска поездов соединенными.

3.3 Применение способов пропуска поездов на однопутных линиях

Пропускная способность перегонов на однопутных участках, имеющих отдельные пункты продольного типа или двухпутные вставки, позволяющие производить безостановочные скрещения поездов, определяется следующим образом.

Во времена хода t' и t'' должны быть учтены потери времени из-за снижения скоростей поездов, если оно установлено при организации безостановочного скрещения.

При организации безостановочных скрещений на всем участке или его части оси безостановочного скрещения поездов по возможности размещаются на отдельных пунктах таким образом, чтобы обеспечивалась идентичность перегонов между ними.

На однопутных участках предоставление перерывов приводит к полному прекращению движения. Поэтому, варианты организации движения рассматриваются после перерыва [46].

Увеличение пропускной способности участка после перерыва может достигаться:

- при пропуске поездов пакетами;
- при пропуске соединённых поездов.

Для таких поездов опоздание относительно заданного момента либо зоны времени прибытия влечет за собой ощутимые финансовые потери для железнодорожного транспорта. Поэтому при нормировании элементов ГДП для них предлагается предусматривать резервы.

Пропускная способность перегонов, на которых применяется подталкивание или кратная тяга, определяется в зависимости от системы эксплуатации вспомогательных локомотивов. Целесообразность применения подталкивания или

кратной тяги должна быть обоснована специальными технико-экономическими расчетами. Пропускная способность в этих случаях рассчитывается исходя из условия, что вспомогательными локомотивами обслуживаются все поезда весовой нормы, установленной исходя из применения кратной тяги. Кратная тяга может использоваться на части перегона с возвращением подталкивающего локомотива и на всей протяженности перегона с подключением вспомогательного локомотива на отдельных пунктах.

Количество станций, необходимых для организации обгона сдвоенных поездов, зависит от размеров движения этих поездов, размеров движения поездов более высокого приоритета, длины направления.

С учетом приведенных факторов и перечисленных выше способов организации движения, были получены результаты, которые сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Рекомендации по выбору способа пропуска поездов для двухпутной линии с минимальным временем восстановления движения

Условия						Способ пропуска поездов		
Кол-во путей для движения п-в на рем. пер-не	Продолжительность перерыва («окна»), ч	Размеры движения грузовых поездов, пар поездов в сутки	Размеры движения пассаж поездов, пар поездов в сутки	Путевое развитие промежуточных станций огранич. рем. перегона G, путей	Расстояние от сортировочной (технич.) станции до рем. перегона L _{сс} (L _{тех})			
S=0	t _{пер} < 4	N _{гр} < 20	0 < N _{пасс} < 2	-	-	Двусторонний непакетный (тепловозная тяга, подталкивание)		
						Частично-пакетный (электровозная тяга)		
	4 < t _{пер} < 8					Частично-пакетный		
	8 < t _{пер} < 12					2 < G < 6	L _{сс} (L _{тех}) → min	Двухсторонний пакетный
						2 < V _{пр.ст.} < 6	L _{сс} (L _{тех}) → min	Соединёнными поездами

По представленным значениям видно, что:

- при $S=0$, и условиях: $t_{\text{пер}} < 4$ часа, $N_{\text{гр}} < 20$ пар поездов в сутки, $0 < N_{\text{пасс}} < 2$ пар поездов в сутки – способ пропуска поездов после «окна» – частично-пакетный;
- при $S=0$, и условиях: $4 < t_{\text{пер}} < 8$ часов, $N_{\text{гр}} < 20$ пар поездов в сутки, $0 < N_{\text{пасс}} < 2$ пар поездов в сутки, $L_{\text{сс}}(L_{\text{тех}}) \rightarrow \min$, $2 < G < 6$ путей – пакетный пропуск поездов, но если не выполняется хотя бы одно из условий $L_{\text{сс}}(L_{\text{тех}}) \rightarrow \min$, $2 < G < 6$ путей, то пропуск поездов происходит с применением их соединения;
- при $S=0$, условиях: $8 < t_{\text{пер}} < 12$ часов, $N_{\text{гр}} < 20$ пар поездов в сутки, $0 < N_{\text{пасс}} < 2$ пар поездов в сутки, $L_{\text{сс}}(L_{\text{тех}}) \rightarrow \min$, $2 < G < 6$ путей – метод организации движения с $t_{\text{восст}} \rightarrow \min$ – соединение поездов, при невыполнении условий – частично-пакетный пропуск поездов.

На однопутных участках, где в период перерыва движение поездов по перегону полностью остановлено и при условиях:

- когда время перерыва менее 4 часов, при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,8, способ пропуска поездов после «окна» – частично-пакетный.
- когда время перерыва от 4 до 8 часов, при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,7, способ пропуска поездов после «окна» – частично-пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,8, способ пропуска поездов после перерыва – пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,9, пропуск поездов после перерыва с применением способа пропуска поездов соединенными.

- когда время перерыва от 8 до 12 часов, при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,6, способ пропуска поездов после «окна» – частично-пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,7, способ пропуска поездов после перерыва – пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,8, пропуск поездов после перерыва с применением способа пропуска поездов соединенными; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,9 перерыв в движении более 10 часов предоставляться не может.

3.4 Определение поездо-часов задержек поездов

Общее время задержки поездов из-за перерыва определяется сумма времени, складывающаяся из простоя поездов, вызванного:

- пропуском со средним интервалом одиночных составов по правильному пути;
- ожиданием освобождения перегона пакетом сдвоенных поездов противоположного направления;
- разъединением составов после проследования ремонтируемого перегона;
- восстановлением нормального режима эксплуатации участка.

К числу исходных данных, которые необходимы для расчета показателей задержек грузовых поездов, относятся:

- продолжительность восстановления движения после оценки ее комиссией по расследованию причин происшествия ($t_{восст}$);
- средний интервал между грузовыми поездами в графике движения поездов соответственно в нечетном и четном направлениях движения;
- период графика движения на перегоне, один из главных путей которого закрыт на неопределенное время;
- «межпоездной интервал» соответственно в нечетном /' и четном /" направлениях движения;
- коэффициент пакетности $\alpha_{п}$.

Тогда суммарные поездо-часы задержки поездов для однопутного участка [71] составят:

$$\sum N_{zp} t = t_{nep} \frac{N_{zp}}{24} + t_{nep} \frac{N_{zp}}{24} \left(t_{nep} \frac{N_{zp}}{24} + 1 \right) \cdot 0.5 \left(T_{nep}^e - \frac{N_{zp}}{24} \right), \quad (3.7)$$

где T_{nep}^e - интервал, с которым будут пропускаться задержанные поезда,

$$T_{nep}^e = \frac{t_{восст}}{N} = \frac{1}{\frac{1}{T_{nep}} - \frac{1}{24}}. \quad (3.8)$$

Проверка этого выражения проведена посредством имитации движения поездов на однопутном участке при перерывах в движении 6, 8, 10, и 12 часов. Получено, что при размерах движения в 15 пар поездов поездо-часы задержек составят соответственно: 41, 55, 69 и 93 поездо-часа .

Для двухпутной линии суммарные поездо-часы задержек поездов определяются формулой [71]:

$$\sum N_{ep} t = \frac{N_{ep}}{24} (T_{nep}^i - I) \frac{t_{nep}}{2}. \quad (3.9)$$

Аналитические зависимости позволяют рассчитать задержки поездов при «идеальных условиях»: равномерном поездопотоке и параллельном графике.

Размеры движения принимались от 40 до 95 пар поездов в сутки для двухпутной линии. В качестве вводной информации принималось время перерыва от 8 до 24 часов.

Получены следующие результаты на двухпутном участке с перерывами в движении от 8 до 24 ч, при размерах движения 50 пар поездов поездо-часы задержки составят: при 8-часовом перерыве – 37 поездо-часов, при 12-часовом перерыве – 59 поездо-часов, при 18-часовом перерыве – 93 поездо-часа, при 24-часовом перерыве – 124 поездо-часа .

3.5 Экономическая оценка эффективности выбранной технологии пропуска поездов

По каждому перерыву в движении составляется вариантный график движения поездов по ремонтируемому участку пути. По каждому вариантному графику можно в соответствии с «методикой определения дополнительных затрат на перевозки при ремонте пути в «окно» рассчитать дополнительные затраты на «окно» [11,12,13,14].

По каждому виду движения учитываются затраты на остановки поездов, замедления движения, «брошенные» поезда, восстановление движения после «окна». Временные затраты переводятся в экономические затраты через утвержденные укрупненные расходные ставки по видам движения.

Средние интервалы по каждому направлению движений определяются как:

$$T_{чет} = 1440 / (N_{гр.чет} + N_{насс}), \quad (3.10)$$

$$T_{нечет} = 1440 / (N_{гр.нечет} + N_{насс}), \quad (3.11)$$

Затраты по грузовым поездам определяются по сумме затрат перечисленных в таблице 3.3.

Затраты по задержке грузовых поездов определяются как время суммы задержек остановленных грузовых поездов на ожидание движения из вариантного графика умноженной на расходную ставку поездо-часа грузового поезда:

$$C_{гр.з} = \left(\sum T_{гр.зад.нечет} + \sum T_{гр.зад.чет} \right) \cdot C_{гр.пч.э} / 60. \quad (3.12)$$

Таблица 3.3 – Перечень затрат по грузовому движению в «окно»

1	Сгр.з	Затраты от задержек грузовых поездов
2	Сгр.сс	Затраты по снижению скорости грузовых поездов
3	Сгр.ост	Затраты по остановке грузовых поездов
4	Сгр.сн.з	Затраты по задержке в «окно» по «снятым» грузовым поездам
5	Сгр.сн.вос	Затраты по задержке по «снятым» грузовым поездам после «окна» до восстановления движения по графику
6	Сгр.сн.л	Затраты на смену локомотива по «снятым» грузовым поездам
7	Сгр.сн.ост	Затраты на остановки по «снятым» грузовым поездам

Здесь и далее в формулах для определенности используются расходные ставки движения на электротяге.

Затраты по снижению скорости грузовых поездов, которые следуют в обоих направлениях с уменьшенной в два раза скоростью по пути смежному с ремонтируемым, определяются как:

$$C_{гр.сс} = \left(\sum T_{гр.нечет} + \sum T_{гр.чет} \right) \cdot c_{гр.пч.э} / 60. \quad (3.13)$$

Затраты по остановке грузовых поездов из-за предоставленного для ремонта «окна» рассчитываются как:

$$C_{гр.ост} = (N_{гр.зад.нечет} + N_{гр.зад.чет}) \cdot c_{гр.ост.э}. \quad (3.14)$$

Основную долю в затратах составят затраты по «снятым» грузовым поездам, которые подразделяются на задержки поездов, смены локомотивных бригад и остановки поездов. Затраты на задержки определяются задержками снятых поездов в «окно» и на задержки после «окна» во время восстановления движения.

Затраты по задержкам снятых поездов в «окно» определяются из вариантного графика как:

$$C_{гр.сн.з} = \left(\sum T_{гр.сн.зад.нечет} + \sum T_{гр.сн.зад.чет} \right) \cdot c_{гр.пч.бл.э} / 60. \quad (3.15)$$

Для определения задержек после «окна» во время восстановления движения определим, через какое количество поездов произойдет восстановление движения:

$$N_{восст.нечет} = N_{сн.нечет} \cdot T_{\min} / (T_{нечет} - T_{\min}) + 1, \quad (3.16)$$

где $N_{сн.нечет}$ – число «снятых» поездов в нечетном направлении,

$$N_{восст.чет} = N_{сн.чет} \cdot T_{\min} / (T_{чет} - T_{\min}) + 1, \quad (3.17)$$

где $N_{сн.чет}$ – число «снятых» поездов в четном направлении.

Общие времена задержек поездов по каждому направлению определяются по формулам:

$$T_{зад.восст.нечет} = (N_{восст.нечет})^2 / 2 \cdot T_{\min}, \quad (3.18)$$

$$T_{зад.восст.чет} = (N_{восст.чет})^2 / 2 \cdot T_{\min}, \quad (3.19)$$

Время задержки от пропуска одного - двух поездов сразу после ремонта со скоростью 25 км/час (0.417 км/мин) по отремонтированному пути:

- если ремонтировался нечетный путь

$$T_{зад.перв} = (l_{перг} / 0.417 - T_{гр.нечет}) \cdot N_{сн.нечет}, \quad (3.20)$$

если в «окно» ремонтировали четный путь:

$$T_{\text{зад.перв}} = (l_{\text{перез}} / 25 \cdot 60 - T_{\text{гр.чет}}) \cdot N_{\text{сн.чет}}, \quad (3.21)$$

Рассчитаем затраты по задержкам грузовых поездов во время восстановления движения после «окна»:

$$C_{\text{гр.сн.восс}} = (T_{\text{зад.восст.нечет}} + T_{\text{зад.восст.чет}} + T_{\text{зад.перв}}) \cdot c_{\text{гр.пч.бл.э}} / 60. \quad (3.22)$$

Общие дополнительные затраты перевозочного процесса от предоставления перерыва для ремонта пути рассчитываются как сумма всех вышеперечисленных затрат:

$$C_{\text{Общ}} = \sum C_j. \quad (3.23)$$

Для оценки экономической эффективности применения разработанной методики выбора рационального варианта пропуска поездов во время восстановления движения после перерыва выполнены сравнительные расчеты по организации пропуска поездов через перегон при следующих исходных данных: из характеристики ремонтируемого перегона определяются параметры, представленные в таблице 3.4.

Таблица 3.4 - Характеристики ремонтируемого участка

Наименование параметра	Обозначение	Значения
Число пар пассажирских поездов	$N_{\text{пасс}}$	10
Число грузовых поездов в нечетном направлении	$N_{\text{гр.нечет}}$	54
Число грузовых поездов в четном направлении	$N_{\text{гр.чет}}$	54
Минимальный интервал между поездами (из вариантного графика движения) после «окна», мин.	T_{min}	10.0
Время хода пассажирского поезда нечетного, мин	$t_{\text{пасс.нечет}}$	14.0
Время хода пассажирского поезда четного, мин.	$t_{\text{пасс.чет}}$	15.0
Время хода грузового поезда нечетного, мин.	$t_{\text{гр.нечет}}$	19.0
Время хода грузового поезда четного, мин.	$t_{\text{гр.чет}}$	20.0
Длина перегона, км	$l_{\text{перег}}$	20.0

В таблицах в качестве примера стоят данные расчета по конкретному 12-часовому «окну» движения поездов по участку двухпутного перегона длиной 20 км при капитальном ремонте.

Если принять среднесетевую стоимость поездо-часа равной: для грузовых поездов 2920 руб., а расходы на одну остановку грузового поезда 156 руб., то суммарные затраты составят: 2255тыс. рублей.

Сравнительная оценка существующего и оптимального вариантов пропуска поездов через перегон при перерыве в движении показала, что при выборе более рационального способа пропуска, в данном случае пропуск поездов пакетами, затраты сокращаются на 37%.

3.6 Выводы по третьей главе

1. При предоставлении перерыва продолжительностью свыше 12 часов на двухпутной линии появляется зависимость времени восстановления движения по нормальному графику от длины перегона. Чем короче закрываемый перегон, тем меньше время восстановления движения поездов на участке. Тогда, если преимущественно пропускать транзитные поезда без задержек по промежуточным станциям участка (в том случае, когда доля транзитного вагонопотока составляет 70-75% от общего вагонопотока на направлении), то задержки поездов снизятся на 10 % от общего времени задержек на участке.
2. Частично-пакетный график по сравнению с двухсторонним непакетным дает незначительное сокращение задержек поездов. Он может быть рекомендован для применения в условиях недостаточного путевого развития промежуточных станций и неравномерного подхода поездов разных направлений.
3. На двухпутных участках, где в период перерыва в движении поезда пропускаются по временно однопутному перегону в течение времени перерыва:
 - при условиях, что время перерыва в движении от 4 до 8 часов, размеры движения грузовых поездов меньше наличной пропускной способности участка и размеры движения пассажирских поездов менее 12 пар поездов в сутки, а число путей на станциях участка 3-4 – можно применять непакетный способ пропуска поездов при длине закрываемого перегона 30-50% от длины максимального; или частично-пакетный при длине закрываемого перегона 50% и более от длины максимального;

- при условиях, что время перерыва в движении от 8 до 12 часов, размеры движения грузовых поездов меньше наличной пропускной способности участка и размеры движения пассажирских поездов менее 10 пар поездов в сутки, а число путей на станциях участка 4-6 – можно применять частично-пакетный способ пропуска поездов при длине закрываемого перегона 30-50% от длины максимального, а при длине закрываемого перегона 50% и более от длины максимального пакетный способ пропуска поездов (при числе поездов в пакете 2) или соединенный способы пропуска поездов;
- при условиях, что время перерыва в движении от 12 до 18 часов, размеры движения грузовых поездов меньше наличной пропускной способности участка и размеры движения пассажирских поездов менее 10 пар поездов в сутки, число путей на станциях участка 3-6 и закрываемый перегон на 10-25% от общей длины участка приближен к сортировочной, технической или участковой станции – применять пакетный способ пропуска поездов;
- предоставление перерыва в движении от 18 до 24 часов, возможно при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,7, при предоставлении такого перерыва и условиях число путей на станциях участка 3-6 и закрываемый перегон на 10-25% от общей длины участка приближен к сортировочной, технической или участковой станции – применять способ пропуска поездов соединенными.

4. На однопутных участках, где в период перерыва движение поездов по перегону полностью остановлено и при условиях:
- когда время перерыва менее 4 часов, при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,8, способ пропуска поездов после «окна» – частично-пакетный.
 - когда время перерыва от 4 до 8 часов, при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,7, способ пропуска поездов после «окна» – частично-пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,8, способ пропуска поездов после перерыва – пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,9, пропуск поездов после перерыва с применением способа пропуска поездов соединенными.
 - когда время перерыва от 8 до 12 часов, при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,6, способ пропуска поездов после «окна» – частично-пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,7, способ пропуска поездов после перерыва – пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,8, пропуск поездов после перерыва с применением способа пропуска поездов соединенными; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,9 перерыв в движении более 10 часов предоставляться не может.
5. Двухсторонний пропуск поездов пакетами по временно однопутному перегону является наиболее распространенным способом организации движения в период «окна» линиях с дефицитом пропускной способности. Определено, что такими считаются линии, на которых загрузка графика составляет более 70 % от пропускной способности, при соотношении пассажирских поездов к грузовым 20 на 80 %. Линии со средними показателями эксплуатационной работы: при загрузке графика

движения поездов от 60% до 70%, при условии $10 \leq N_{\text{насс}} < 20$. Низкие показатели – при загрузке менее 50%. Применение пакетного пропуска поездов позволяет уменьшить расходы от задержек поездов при продолжительности «окон» более 150 мин по сравнению с односторонним пропуском поездов на 10-50%. С повышением заполнения пропускной способности эффект от применения двухстороннего пакетного движения увеличивается.

ГЛАВА 4 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОВЕРКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫБОРА СПОСОБА ПРОПУСКА ПОЕЗДОВ ВО ВРЕМЯ И ПОСЛЕ ПЕРЕРЫВОВ В ДВИЖЕНИИ

4.1 Разработка алгоритма технологии пропуска поездов при перерывах в движении

Итогом проведенных исследований является разработка алгоритма, описывающего способ нахождения и выбора наилучшей технологии пропуска поездов во время и после перерывов в движении в условиях предоставления «окон» для производства ремонтно-строительных работ, а также в условиях возникновения непредвиденных перерывов в движении. Блок-схема разработанного алгоритма представлена на рисунке 4.1.

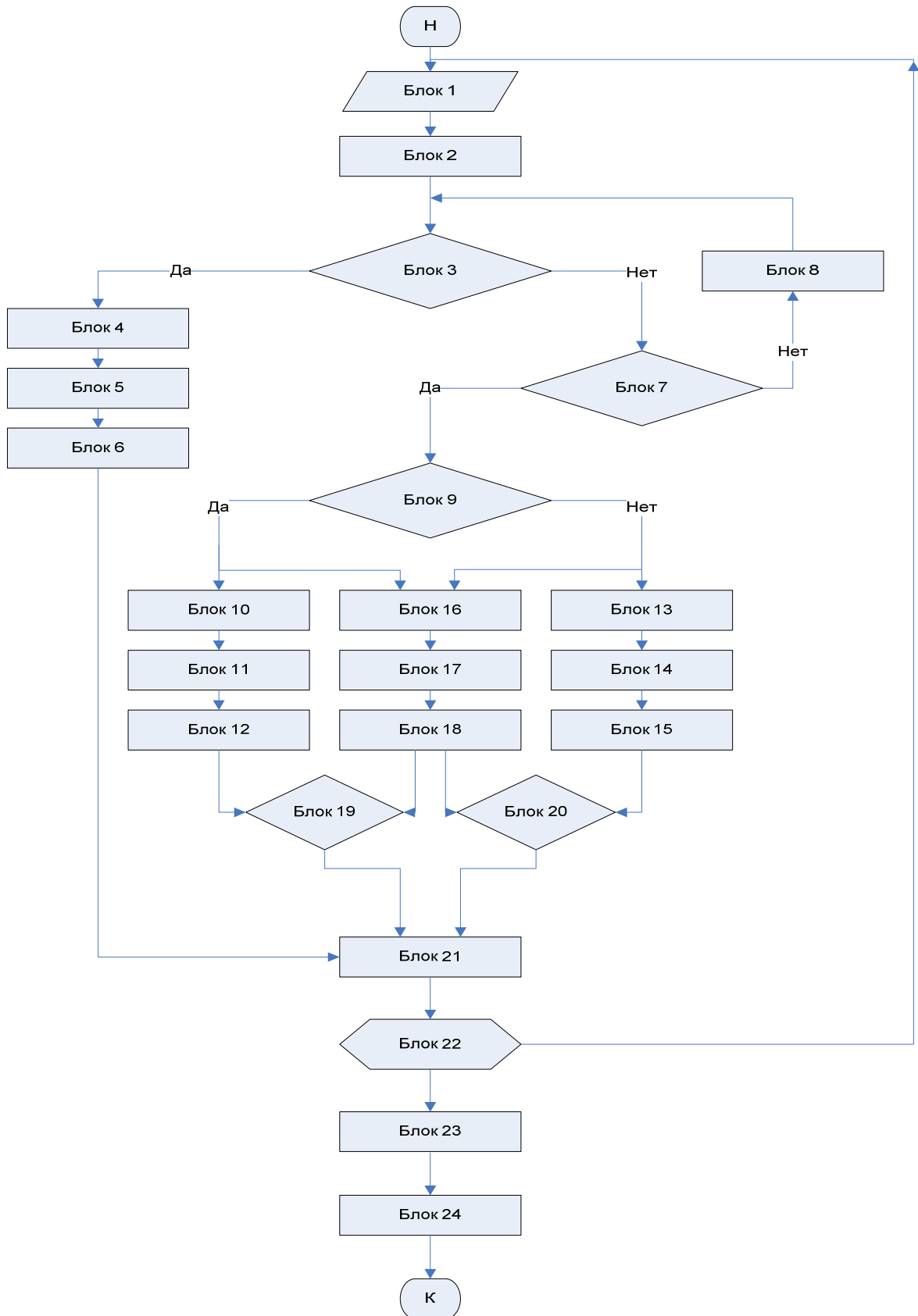


Рисунок 4.1 – Блок-схема выбора технологии пропуска поездов

Алгоритм имеет следующие шаги:

1. Ввод исходных данных (блок 1). Для участка полигона сети определяем следующие параметры:

- $t_{пер}$ – продолжительность перерыва в движении, мин;
- N – размеры движения поездов по нормативному графику, поездов;
- $l_{уч}$ – длина закрытого перегона, км;
- $V_{уч}$ – скорость, км/час.

2. Применив выражение (3.2) получаем

$$\frac{T_{пер} + 2 \cdot I(j-1)}{j} \geq I_n \cdot j, \quad (4.1)$$

3. Определим максимальное количество поездов в пакете для четного и нечетного направления движения поездов, без учета путевого развития (Блок 2)

$$j \leq \frac{I_{восст} + \sqrt{I_{восст}^2 - I_n(2I_{восст} - T_{пер})}}{I_n}. \quad (4.2)$$

4. После завершения вычислений определяем, есть ли возможность сгруппировать поезда в пакеты в четном и нечетном направлениях движения (Блок 3).

5. Непакетному способу пропуска поездов соответствует вариант, когда возможное количество поездов в пакетах в четном и нечетном направлениях меньше 2 (Блок 4).

6. Проводим вычисления, используя формулу (2.4) для определения периода непакетного графика движения поездов (Блок 5).

7. Даем рекомендации по организации пропуска поездов (Блок 21).

8. Проводим вычисления, используя формулу (2.11) для определения времени восстановления движения (Блок 6).

9. При успешной обработке (Блок 4), предполагаем использование пакетного и частично пакетного способов пропуска поездов. Проверяем на соответствие ограничениям, связанным с числом путей на станциях (Блок 7).
10. При отрицательном прохождении условия (Блок 7), вносим корректировки в возможное количество поездов в пакетах четного и нечетного направлений (Блок 8) и переходим к выполнению Блока 3.
11. При успешном прохождении условия (Блок 7), определим возможность применения пакетного и частично пакетного способов пропуска поездов (Блок 9).
12. При успешном прохождении условия « $i < 2$ или $j < 2$ » (Блок 9) – применяем частично пакетный способ пропуска поездов (Блок 13). Параллельно рассматриваем возможность пропуска поездов способом сдваивания (Блок 16).
13. Проводим вычисления, используя формулы (3.1) для определения периода частично пакетного графика движения поездов (Блок 14) и для определения периода графика движения поездов способом сдваивания (Блок 17).
14. Проводим вычисления, используя формулы (2.11) для определения времени восстановления движения для частично пакетного способа пропуска (Блок 15) и способа сдваивания поездов (Блок 18).
15. Сравнивая полученные результаты (Блок 20), даем рекомендации о способе организации пропуска поездов с минимальным временем восстановления движения (Блок 21).
16. При отрицательном прохождении условия « $i < 2$ или $j < 2$ » (Блок 9) – применяем пакетный способ пропуска поездов (Блок 10). Параллельно рассматриваем возможность пропуска поездов способом сдваивания (Блок 16).

17. Проводим вычисления, используя формулы (3.1) для определения периода пакетного графика движения поездов (Блок 11) и для определения периода графика движения поездов способом сдвигания (Блок 17).
18. Проводим вычисления, используя формулы (2.11) для определения времени восстановления движения для пакетного способа пропуска (Блок 12) и способом сдвигания поездов (Блок 18).
19. Сравнивая полученные значения (Блок 19), даем рекомендации, по организации пропуска поездов во время и после перерыва, для двухпутных участков, и после перерыва для однопутных участков .
20. Определение возможных комбинаций числа и продолжительности «окон» по формуле (2.27) (Блок 21).
21. Проводим расчет времени восстановления движения для каждой продолжительности «окна» (Блок 22).
22. Расчет (Блок 23) суммарного времени восстановления для каждой комбинации блока 21 по формуле (2.27).
23. Нахождение минимального значения суммарного времени восстановления и рекомендации (Блок 24) по выбору числа и продолжительности плановых перерывов, при условии минимального суммарного времени восстановления движения.

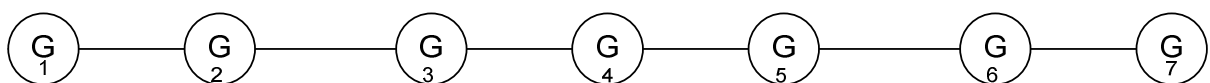
По разработанному алгоритму, с помощью среды разработки программного обеспечения Borland Delphi 7, был написан программный продукт, позволяющий выбрать способ пропуска поездов во время и после перерывов в движении, в условиях предоставления «окон» для производства ремонтно-строительных работ, а также в условиях возникновения непредвиденных перерывов в движении. Листинг программы представлен в приложении 1.

4.2 Пример выбора технологии организации движения при заданных параметрах

В примере рассмотрим перерыв в движении, продолжительность которого t_{nep} принимается установленной величиной, для однопутного участка $t_{nep} = 6$ часов, для двухпутного $t_{nep} = 10$ часов. Определяем число задержанных поездов (глава 2), и время восстановления движения после перерыва.

После проведенных исследований и расчетов был разработан программный продукт (программа), который при входных данных определяет основные параметры и рассчитывает значения времени восстановления движения и числа задержанных поездов при разных способах организации пропуска поездов при возникновении перерыва. Далее по полученным результатам были построены варианты графики движения поездов при всех возможных способах организации движения во время и после перерыва при условиях: «перерывами разной продолжительности, при разной технической оснащённости и размерах движения на участках», которые подтвердили значения времени восстановления движения, полученные в программе.

Имеется полигон сети, состоящий из последовательно расположенных станций (рисунок 4.2).





- Условные обозначения:
-  - наименование станции участка
 -  - участок между станциями
 - 10 - расстояния между станциями

Рисунок 4.2 – Схема полигона сети

В период восстановления движения на однопутной линии для любого перерыва в движении и на двухпутной линии после внепланового перерыва необходимо пропустить как задержанные за время перерыва («окна») поезда, так и поезда, поступившие на участок.

Для исследования взяты однопутные участки магистрали Дальневосточного региона с тепловозной тягой. Движение на некоторых участках в четную и в нечетную сторону осуществляется с подталкивающими локомотивами из-за сложного профиля пути. При таких условиях пропускная способность участка должна составлять 12 поездов в четную сторону и 13 поездов в нечетную сторону. После проведения расчетов пропускной способности участка было установлено, что наличная пропускная способность этого же участка составляет 13 пар поездов в сутки.

При плановом перерыве в движении («окне»), при условии равномерного подхода поездов, для определения времени восстановления движения рассматривались железнодорожные участки с размерами движения от 40 до 95 пар поездов в сутки на двухпутной линии, от 9 до 17 пар поездов в сутки на однопутной линии. В качестве вводной информации принимали продолжительность перерывов от 6 до 24 ч и от 4 до 12 часов соответственно.

Двухпутный участок. Движение организуется по временно однопутному перегону (движение поездов прекращается по одному из путей двухпутного участка), количество путей для пропуска поездов в период перерыва $S=1$. Размеры движения – 60 пар поездов. Средние скорости движения поездов составляют соответственно 65 и 60 км/ч, поэтому с учетом замедления скорости при движении по временно однопутному перегону средняя скорость в сумме принимается 40 км/ч. Число путей на станциях равно 6.

Периоды графиков на участках в период времени предоставления «окна» были определены в случае если движение организуется по временно однопутному перегону (движение поездов прекращается по одному из путей двухпутного участка), $\{S=1\}$ при условиях:

- $4 < t_{\text{пер}} < 8$ ч, $N_{\text{гр}} <$ пропускной способности, $0 < N_{\text{пасс}} < 12$ пар поездов в сутки, $2 < G < 4$ пути;
- $8 < t_{\text{пер}} < 12$ ч, $N_{\text{гр}} < 70$ пар поездов в сутки, $0 < N_{\text{пасс}} < 10$ пар поездов в сутки, $4 < G < 6$ путей;
- $12 < t_{\text{пер}} < 18$ ч, $N_{\text{гр}} < 70$ пар поездов в сутки, $0 < N_{\text{пасс}} < 10$ пар поездов в сутки, $2 < G < 6$ путей;
- $18 < t_{\text{пер}} < 24$ ч, $N_{\text{гр}} < 60$ пар поездов в сутки, $0 < N_{\text{пасс}} < 8$ пар поездов в сутки, $2 < G < 6$ путей.

Проверка программы для двухпутного участка приведена на рисунках 4.3–4.5.

Выбор оптимального способа пропуска поездов в окно

Ввод исходных данных

Однопутный участок \ двухпутный участок

Продолжительность перерыва ($t_{\text{пер}}$, мин):	<input type="text" value="720"/>	Установленная скорость хода пассажирских поездов, км/ч:	<input type="text" value="80"/>
Размер движения пассажирских поездов, пар поездов:	<input type="text" value="7"/>	Установленная скорость хода грузовых поездов, км/ч:	<input type="text" value="70"/>
Размеры движения грузовых поездов, пар поездов:	<input type="text" value="60"/>	Длина закрытого перегона, км:	<input type="text" value="10"/>
Межпоездной интервал во время восстановления, мин:	<input type="text" value="10"/>	Скорость по закрытому перегону, км/час:	<input type="text" value="40"/>
Станционный интервал ст. "А", мин:	<input type="text" value="3"/>	Минимальное число путей на станциях, шт:	<input type="text" value="2"/>
Станционный интервал ст. "Б", мин:	<input type="text" value="2"/>		

Показатели и варианты пропуска поездов

Рекомендуемый способ пропуска поездов при заданных условиях:
ПАКЕТНЫЙ

Время восстановления движения $t_{\text{восст}}=283,12$, мин.
Количество задержанных поездов $N_{\text{зад}}=12$

Рисунок 4.3 – Окно выбора рационального варианта, пропуска поездов

Выбор оптимального способа пропуска поездов в окно

Ввод исходных данных

Однопутный участок \ двухпутный участок

Продолжительность перерыва ($t_{пер}$, мин): 720 Установленная скорость хода пассажирских поездов, км/ч: 80

Размер движения пассажирских поездов, пар поездов: 5 Установленная скорость хода грузовых поездов, км/ч: 70

Размеры движения грузовых поездов, пар поездов: 50 Длина закрытого перегона, км: 10

Межпоездной интервал во время восстановления, мин: 10 Скорость по закрытому перегону, км/час: 40

Станционный интервал ст. "А", мин: 3 Минимальное число путей на станциях, шт: 2

Станционный интервал ст. "Б", мин: 2

Расчитать **Выход**

Показатели и варианты пропуска поездов

**Рекомендуемый способ пропуска поездов при заданных условиях:
ЧАСТИЧНО ПАКЕТНЫЙ**

Время восстановления движения $t_{восст}=132,83$, мин.
Количество задержанных поездов $N_{зад}=7$

Рисунок 4.4 – Окно выбора рационального варианта, если применим частично-пакетный пропуск поездов

Выбор оптимального способа пропуска поездов в окно

Ввод исходных данных

Однопутный участок \ двухпутный участок

Продолжительность перерыва ($t_{пер}$, мин): 1440 Установленная скорость хода пассажирских поездов, км/ч: 80

Размер движения пассажирских поездов, пар поездов: 9 Установленная скорость хода грузовых поездов, км/ч: 70

Размеры движения грузовых поездов, пар поездов: 65 Длина закрытого перегона, км: 10

Межпоездной интервал во время восстановления, мин: 10 Скорость по закрытому перегону, км/час: 40

Станционный интервал ст. "А", мин: 3 Минимальное число путей на станциях, шт: 2

Станционный интервал ст. "Б", мин: 2

Расчитать **Выход**

Показатели и варианты пропуска поездов

**Рекомендуемый способ пропуска поездов при заданных условиях:
ПАКЕТНЫЙ**

Время восстановления движения $t_{восст}=908,21$, мин.
Количество задержанных поездов $N_{зад}=31$

Рисунок 4.5 – Окно выбора рационального варианта, если применим пакетный пропуск поездов

После проведенного анализа влияния ограничивающих факторов на способы пропуска поездов при перерывах в движении в работе построены варианты графики движения при двустороннем непакетном, двустороннем пакетном, частично-пакетном пропуске.

Однопутный участок. Движение организуется после перерыва по однопутному перегону количество путей для пропуска поездов в период перерыва $S=0$. Размеры движения 18 пар поездов. Средние скорости движения поездов составляют соответственно 50 и 55 км/ч, поэтому с учетом ограничения скорости после перерыва в движении по однопутному перегону средняя скорость принимается 45 км/ч. Число путей на станциях 1–7 (рисунок 4.2) составляет четыре пути.

Периоды графиков на участках после предоставления «окна» были определены в случае если движение поездов прекращается полностью, $\{S=0\}$ при условиях:

- $t_{\text{пер}} < 4$ ч, $N_{\text{гр}} < 20$ пар поездов в сутки, $0 < N_{\text{пасс}} < 2$ пар поездов;
- $4 < t_{\text{пер}} < 8$ ч, $N_{\text{гр}} < 20$ пар поездов, $0 < N_{\text{пасс}} < 2$ пар поездов в сутки, $2 < G < 6$ путей ;
- $8 < t_{\text{пер}} < 12$ ч, $N_{\text{гр}} < 16$ пар поездов, $0 < N_{\text{пасс}} < 2$ пары поездов в сутки, $2 < G < 6$ путей.

Сравнивая нормативный график движения поездов с полученным вариантом движения поездов при перерыве продолжительностью 10 ч на участке Архара–Бира видно уменьшение участковой скорости на 0,84 км/час и технической скорости на 0,86 км/час.

Сравнивая, нормативный график движения поездов с графиком движения поездов после окончания перерыва продолжительностью 10 ч на участке Бира–Хабаровск аналогично идет уменьшение участковой скорости на 7,7 км/час, коэффициента участковой скорости на 0,02 и увеличение технической скорости

на 0,05 км/час. В данном случае это происходит из-за стоянки грузовых поездов на станциях в ожидании окончания перерыва.

Показатели графиков движения поездов на двухпутном участке Архара–Бира сведены в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Сравнение показателей графиков движения поездов на участке Архара–Бира

Наименование показателей	Нормативный график движения	График движения с «окном» 10 часов на перегоне Кундур-Казачий	Отклонение от нормативного графика движения	График движения поездов при продолжении и после окончания «окна»	Отклонение от нормативного графика движения
$T_{пр}, \text{ час}$	1,53	16,1	14,57	3,43	1,9
$V_{уч}^I$	53,4	52,9	-0,5	40,36	-13,04
$V_{уч}^{II}$	52,59	51,42	-1,17	45,3	-7,29
$V_{тех}^I$	53,4	52,9	-0,5	40,36	-13,04
$V_{тех}^I$	63,3	62	-1,3	46,4	-16,9
$V_{ср}^{уч}$	53	52,16	-0,84	45,3	-7,7
$V_{ср}^{тех}$	57,8	56,94	-0,86	51,5	-6,3
$\beta_{уч}$	0,9	0,87	-0,03	0,88	-0,02
$t_{восст.}$	0	-	-	10,5	

Сведем показатели графиков движения поездов на участке Бира–Хабаровск в таблицу 4.2 (графики представлены в приложении 2).

Таблица 4.2 – Сравнение показателей графиков движения поездов на участке Бира–Хабаровск

Наименование показателей	Нормативный график движения участка	График движения с «окном» 24 часа на перегоне Семисточный-Бира	Отклонение от нормативного графика движения	График движения поездов при продолжении и после окончания «окна»	Отклонение от нормативного графика движения
T_{np} , час	2,06	4,52	2,46	11,54	9,48
$V_{уч}^I$	64,5	58,4	-6,1	63,45	-1,05
$V_{уч}^{II}$	67,75	65,8	-1,96	63,28	-4,47
$V_{тех}^I$	64,8	58,8	-6,0	65,58	-0,78
$V_{тех}^I$	66,27	66,1	-0,18	62,6	-3,67
$V_{cp}^{уч}$	64,65	62,1	-2,56	63,36	-1,29
$V_{cp}^{тех}$	66,27	62,44	-3,83	64,1	-2,18
$\beta_{уч}$	0,99	0,98	-0,01	0,98	-0,01
восст.дв, час	0			12,3	

Сравнивая показатели при перерыве продолжительностью 10 часов на участке Бира–Хабаровск, можно увидеть уменьшение участковой скорости на 2,56 км/час и уменьшение технической скорости на 3,83 км/час, что в свою очередь повлияло на уменьшение коэффициента участковой скорости на 0,01.

При сравнении показателей графика движения поездов с показателями графика движения поездов после окончания перерыва продолжительностью 10 часов на участке Бира–Хабаровск очевидно, что аналогично идет уменьшение участковой скорости на 1,3 км/час, коэффициента участковой скорости на 0,01 и технической скорости на 2,01.

Также были разработаны вариантные графики движения поездов на 24 часовой перерыв с пропуском поездов пакетами и с пропуском соединенных поездов на разных направлениях. Построены диаграммы, которые позволяют определить величины задержек соединенных и одиночных поездов на каждом перегоне участков.

По произведенному выше анализу можно сделать вывод, что если условия (профиль пути) позволяют сдвигать поезда, то во время перерыва до 24 часов по одному из путей с помощью этого метода можно достичь минимума потерь времени от задержек поездов в обоих направлениях.

Сравнение эксплуатационных показателей графиков движения поездов на двухпутном электрифицированном участке при их анализе в случае организации движения во время и после 24-часового перерыва подтверждают приведенные результаты (приложение 3).

После проведенных исследований и расчетов с применением программы можно сделать вывод, что рассчитанные значения времени восстановления движения и числа задержанных поездов при разных способах организации пропуска поездов при возникновении перерыва при автоматизированном расчете подтверждаются при построении вариантных графиков движения, которые были построены при всех возможных способах организации движения во время и после перерыва при заданных условиях.

4.3 Основные выводы диссертации

Основные научные и практические результаты проведённого исследования, полученные в соответствии с поставленными в диссертации целью и задачами, а также выводы и предложения автора заключаются в следующем.

1. В настоящее время более 14% железнодорожных участков сети железных дорог Дальнего Востока функционируют в условиях коэффициента заполнения пропускной способности, превышающем 0,9. По прогнозам к 2015-16 г.г. количество таких участков возрастет до 35-40%. Ограничение пропускной способности большинства участков вызваны наличием перегонов, где нарушены межремонтные сроки, имеются дефекты земляного полотна, верхнего строения пути и искусственных сооружений, а это требует все большего числа «окон». В этих условиях возникла необходимость совершенствовать технологию организации пропуска поездов во время и после перерывов в движении, чтобы сократить время восстановления движения.
2. Анализ научной литературы позволил определить, что проблемы, связанные с разработкой рациональной технологии пропуска поездов по временно однопутному перегону за время и после предоставления «окна», остаются недостаточно изученными.
3. При продолжительности перерыва в движении от 4 до 6 часов на однопутных линиях можно пропустить не более 16 пар поездов, а при перерыве от 6 до 12 ч. 11-14 пар поездов.

4. Оценка влияния пассажирского движения на время восстановления движения при плановых перерывах показала, что на однопутных участках Дальневосточного региона размеры движения пассажирских поездов позволяют предоставлять плановые перерывы в движении до 12 часов с учетом расписания движения пассажирских поездов так, чтобы время их проследования по ремонтируемому перегону не совпадало со временем продолжительности проведения «окна».
5. Полученные результаты оценки времени перерыва в движении на время восстановления для двухпутных участков, при существующем коэффициенте заполнения пропускной способности, с учетом размеров движения поездов, количества путей на станциях, удаленности ремонтируемого перегона от технической станции показали, что при перерыве в движении более 6 часов время восстановления увеличивается на 30% и более от минимального.
6. Оценка влияние пассажирского движения на время восстановления движения грузовых поездов при плановых перерывах от 6 до 24 ч показала, что на двухпутных участках размеры движения пассажирских поездов позволяют проводить плановые перерывы в движении до 24 ч с учетом расписания пассажирских поездов.
7. При предоставлении на двухпутной линии перерыва в движении продолжительностью свыше 12 ч и доли транзитного вагонопотока 70-75% необходимо пропускать транзитные поезда без задержек по промежуточным станциям участка, что снизит на 10 % время восстановления движения на участке.

8. Для двухпутных участков, где поезда пропускаются по временно однопутному перегону в течение времени перерыва, получены следующие результаты:

- при перерыве в движении от 4 до 8 часов, размерах движения грузовых поездов меньше наличной пропускной способности участка, размерах движения пассажирских поездов менее 10 пар поездов в сутки, при числе путей на станциях участка 3-4 – можно применять непакетный способ пропуска поездов при длине закрываемого перегона 30-50% от длины максимального или частично-пакетный график при длине закрываемого перегона 50% и более от длины максимального;
- при перерыве в движении от 8 до 12 часов, размерах движения грузовых поездов меньше наличной пропускной способности участка, размерах движения пассажирских поездов менее 10 пар поездов в сутки и числа путей на станциях участка 4-6 – можно применять частично-пакетный график при длине закрываемого перегона 30-50% от длины максимального. При длине закрываемого перегона 50% и более от длины максимального пакетный способ пропуска поездов (при числе поездов в пакете 2) или пропуск соединенных поездов;
- при перерыве в движении от 12 до 18 часов, размерах движения грузовых поездов меньше наличной пропускной способности участка, размерах движения пассажирских поездов менее 10 пар поездов в сутки, числе путей на станциях участка 3-6 и закрываемый перегон на 10-25% от общей длины участка приближен к технической станции целесообразно применять пакетный способ пропуска поездов;
- предоставление перерыва в движении от 18 до 24 часов, целесообразно при коэффициенте заполнения пропускной

способности менее 0,7, числе путей на станциях участка 3-6 и закрываемый перегон на 10-25% от общей длины участка приближен к технической станции. В этом случае выгодно применять пропуск соединенных поездов.

9. На однопутных участках, где в период перерыва движение поездов по перегону полностью остановлено и при условиях:
- когда время перерыва менее 4 часов, при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,8, способ пропуска поездов после «окна» – частично-пакетный.
 - когда время перерыва от 4 до 8 часов, при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,7, способ пропуска поездов после «окна» – частично-пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,8, способ пропуска поездов после перерыва – пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,9, пропуск поездов после перерыва с применением способа пропуска поездов соединенными.
 - когда время перерыва от 8 до 12 часов, при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,6, способ пропуска поездов после «окна» – частично-пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,7, способ пропуска поездов после перерыва – пакетный; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,8, пропуск поездов после перерыва с применением способа пропуска поездов соединенными; при коэффициенте заполнения пропускной способности менее 0,9 перерыв в движении более 10 часов предоставляться не может.

10. Применение пакетного пропуска поездов позволяет уменьшить расходы от поездо-часов задержек при продолжительности «окон» более 360 мин по сравнению с односторонним пропуском поездов на 10-40%. С повышением заполнения пропускной способности эффект от применения двухстороннего пакетного движения увеличивается.

11. Результаты апробации предлагаемой методики на практике и сравнение с реальными данными показали, что она может быть успешно использована для принятия более обоснованных решений о вариантах пропуска поездов в период перерыва и после него до восстановления нормального режима пропуска поездов при составлении вариантных графиков.

Библиографический список используемой литературы

1. Абрамов, А. А. Управление эксплуатационной работой [Текст]: Ч. 2. График движения поездов и пропускная способность: учеб. пособие/ А.А. Абрамов. – Москва: РГОТУПС, 2002. – 171 с.
2. Абрамов, А. А. Управление эксплуатационной работой [Текст]: Ч. 3. Техническое нормирование и оперативное управление: учеб. пособие/ А.А. Абрамов. – Москва: РГОТУПС, 2002. – 224 с.
3. Аветикян, М.А. Высокие технологии перевозочного процесса [Текст]/ М. А. Аветикян //Железнодорожный транспорт.- 2001. № 11 – С. 73-77.
4. Архангельский, Е.В. Расчет пропускной способности железных дорог [Текст]/ Е. В. Архангельский, Н.А. Воробьев.- Москва : Транспорт, 1977. - 312 с.
5. Белов, И. В. Экономическое регулирование при рыночных отношениях [Текст] / И. В. Белов, Н. П. Терешина // Железнодорожный транспорт.- 1990. № 11 – С. 50-53.
6. Беседин, И. Л. Расчет наличной пропускной способности однопутных железнодорожных участков по перегонам при непарном непакетном графике [Текст] / И.Л. Беседин // Проблемы разработки ресурсосберегающих технологий в эксплуатации железных дорог: сб. науч. тр. Российского государственного открытого технического университета путей сообщения. – Москва, 2008. - Вып.8- С. 50-55.
7. Богачев, А. И. Исследование «окон» в графике движения поездов и их использование при производстве путевых работ [Текст]: дис. ...канд. тех. наук. - Москва, 1945.- 180 с.
8. Богачев, А. И. Организация движения в условиях выполнения путевых работ [Текст] / А.И. Богачев. Москва: Транспорт, 1955. - 240 с.

9. Богачев, А. И. Техничко-экономическое обоснование «окон» в графике движения, используемых для выполнения ремонта пути на двухпутных участках [Текст]: методические указания. / А. И. Богачев. - Ростов-на-Дону: РИИЖТ, 1979. - 16с.
10. Бородин, А.Ф. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог [Текст] / А. Ф. Бородин. – Москва: ОАО "РЖД", 2011. – 305 с.
11. Быкадоров, С. А. Задержка поездов в период проведения путевых ремонтных работ [Текст] / С. А. Быкадоров, О. В. Иванчина, П. В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2007. – № 5. – С. 71–76
12. Быкадоров, С. А. Расчет удельных затрат на единицы эксплуатационной работы [Текст] / С. А. Быкадоров, О. В. Иванчина, П. В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2007. – № 7. – С. 62 – 73.
13. Быкадоров, С. А. Определение расходов от задержек поездов при проведении путевых ремонтных работ [Текст] / С. А. Быкадоров, О. В. Иванчина, П. В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2007. – № 8. – С. 80 – 88.
14. Быкадоров, С. А. Определение общих затрат по задержкам поездов и ремонту пути за сезон работ [Текст] / С. А. Быкадоров, О. В. Иванчина, П. В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2007. – № 10. – С. 73 – 80.
15. Вентцель, Е. С. Исследование операций [Текст] / Е. С. Вентцель.- Москва: Советское радио, 1972. - 522 с.
16. Волков, Б. А. Экономика железнодорожного строительства и путевого хозяйства: учебник для вузов [Текст] / Б. А. Волков, В. Я. Шульга, М. В. Кокин; под общей редакцией Б. А. Волкова, В. Я. Шульги. Москва: Маршрут, 2003. - 632 с.
17. Волков, В. С. Резервы повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта [Текст] / В. С. Волков // Железнодорожный транспорт. - 2004.- № 4.- С. 90-93.

18. Воробьев, Э. В. Технология, механизация и автоматизация путевых работ [Текст] / Э. В. Воробьев, К. Н. Дьяков, В. Г. Максимов. Москва: Транспорт, 1996. - 375 с.
19. Васильев, И. И. Графики и расчеты по организации железнодорожных перевозок [Текст] / И. И. Васильев. – Москва: Трансжелдориздат, 1941. – 576 с.
20. Вуйтович, Марек. Комплексный выбор технико-технологических параметров и способов пропуска поездов при выделении «окон» в графике движения [Текст] : дис. ...канд. тех. наук: 05.22.08 / Вуйтович Марек. – Москва, 1986. – 257 с.
21. Гринько, В. Н. Рациональная организация перевозок в период "окон" [Текст] / В. Н. Гринько // Железнодорожный транспорт. - 1977. - №8. - С. 33-35.
22. Грунтов, П. С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] / П. С. Грунтов, Ю. В. Дьяков, А. М. Макаровичкин. – Москва: Транспорт, 1994. – 543 с.
23. Дорожная инструкция по организации обращения соединенных грузовых поездов на участке Архара-Уссурийск [Текст]: утв. начальником Дальневосточной железной дороги 09.09.2009./ ДВЖД. – Хабаровск, 2009.- 26 с.
24. Дьяков, Ю. В. Повышение уровня использования и комплексное развитие пропускной способности железнодорожных направлений [Текст]: дис. ...докт. тех. наук: 05.22.08 / Дьяков Юрий Вячеславович. – Москва, 1984. – 475 с.
25. Евдокимова Е.Н., Землянская М.В. Методы расчета себестоимости железнодорожных перевозок в условиях реформирования отрасли. - М.: РГОТУПС, 2002.-87с.
26. Исследования взаимодействия пути и подвижного состава в США // Железные дороги мира. – 1991. – № 9. – С. 45–48.

27. Инструкция о порядке предоставления и использования «окон» для ремонтных и строительно-монтажных работ на железных дорогах ОАО «РЖД» [Текст]: № 2560р от 29. 10.2011. Москва, 2011 г. - 74 с.
28. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог [Текст]. – Москва, 2010. – 231 с.
29. Инструкция по организации и вождению соединенных поездов на однопутных участках Дальневосточной железной дороги [Текст]: утв. 12.11.2008.- Хабаровск, 2008.
30. Инструкция о порядке работы подталкивающих тепловозов серии ТЭ10 при подталкивании грузовых поездов на участках Селехин-Кун, Оунэ-Высокогорная, Чепсары-Советская Гавань-Сортировочная [Текст]: утв. 16.04.2011. – Хабаровск, 2011.
31. Каликина, Т. Н. Совершенствование методики прогнозирования подвода экспортных грузов к портам [Текст] / Т. Н. Каликина, Д. С. Долгоруков // Известия ПГУПС. - 2012. - №3(32), – 205 с. (С. 54-58).
32. Каликина, Т. Н. Совершенствование организации перевозок пассажиров в дальнем и в местном сообщении [Текст] / Т.Н. Каликина, К. В. Китанина. – Хабаровск: изд. ДВГУПС, 2013. – 291 с. (С. 250-255).
33. Каретников, А. Д. График движения поездов [Текст] / А. Д. Каретников, Н. А. Воробьев. – Москва: Транспорт, 1979. – 304 с.
34. Климов, М. Ф. Исследование методов организации движения поездов при производстве капитальных путевых работ на двухпутных линиях [Текст]: дис. ...канд. тех. наук: 05.22.08 / Климов Михаил Федорович. – Москва, 1962. – 151 с.
35. Коваленко, Н. И. Качество путевых работ и взаимодействие смежных служб [Текст] / Н. И. Коваленко, Д. И. Атякин, Н.А. Коваленко, А.Г. Трукунов //Железнодорожный транспорт. - 2005.- №1. – С. 67-69.
36. Козлов, В.Е. Эффективность диспетчерской централизации на однопутных и двухпутных линиях [Текст] / В. Е. Козлов// Труды ЦНИИМПС. - 1959. - Выпуск 167. - С 151-160.

37. Модернизация транспортной системы России [Текст]: отчет о НИР: по государственному контракту от 18.09.12 / ДВГУПС; рук. Б.Е. Дынькин; исполн.: Т.А. Одуденко [и др.]. - Хабаровск, 2012. – 1357с. - № РТМ-76/12.
38. Корженевская, Е.Ю. Расчёт продолжительности восстановления нормального ритма движения после «окна» на линиях с двухпутными вставками [Текст]: Сборник научных трудов МИИТа / Е.Ю. Корженевская. - Выпуск 848. - Москва, 1992. - С.21-24.
39. Кочнев, Ф. П. Управление эксплуатационной работой железных дорог [Текст]: учебное пособие для вузов / Ф. П. Кочнев, И. Б. Сотников. – Москва: Транспорт, 1990. – 424с.
40. Кудрявцев, В. А. Организация управления движением на железнодорожном транспорте [Текст] / В. А. Кудрявцев, В. И. Бадах, К.А. Белов. – Москва: «Академия», 2006. – 432 с..
41. Кудрявцев, В. А. Управление движением на железнодорожном транспорте [Текст]: учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта / В. А. Кудрявцев.– Москва: Маршрут, 2003. – 200 с.
42. Лapidус, Б. М. Транспорт в период реорганизации экономики государства [Текст] / Б. М. Лapidус // Экономика железных дорог. - 2000. - № 3. - С. 19-25.
43. Лapidус, Б. М. Теория и практика управления эксплуатационными затратами железнодорожного транспорта [Текст] / Б. М. Лapidус, Д. А. Мачерет, А. Л. Вольфсон. - Москва: МЦФЭР, 2002. - 256 с.
44. Левин, Д. Ю. Гибкая технология оперативного управления перевозками [Текст] / Д. Ю. Левин // Железнодорожный транспорт. – 2000. – №7. – С. 24–28.
45. Левин, Д. Ю. Расчет и использование пропускной способности железных дорог [Текст]: монография / Д. Ю. Левин, В. Л. Павлов. – Москва: ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 364 с.

46. Макарошкин, А. М. Использование и развитие пропускной способности железных дорог [Текст] / А. М. Макарошкин, Ю. В. Дьяков. – Москва: Транспорт, 1981.– 287 с.
47. Мачерет, Д. А. Отраслевая экономическая наука: от теории к практике [Текст] / Д. А. Мачерет, Мазо Л.А. // Экономика железных дорог. - 1999. - № 5. – С.15-25.
48. Мельник, А. П. Организация движения поездов на двухпутных линиях в период выполнения путевых работ [Текст]: дис. ...канд. тех. наук. – ЦНТМПС, 1956. - 215с.
49. Некрашевич, В. И. Каким быть графику грузового движения [Текст] / В. И. Некрашевич, А. Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. - 1992. - № 12. – С. 2-8.
50. Некрашевич, В. И. Управление эксплуатацией локомотивов [Текст] / В. И. Некрашевич, В. И. Апатцев. – Москва: РГОТУПС, 2004. – 257 с.
51. Некрашевич, В. И. Польские железнодорожные линии -стратегические цели и первоочередные задачи [Текст] / В. И. Некрашевич, Е. Жук // Вестник ВНИИЖТ. – 2006. – № 1. – С. 16 – 20.
52. Нормативы графика движения поездов [Текст]: распоряжение ОАО "РЖД" от 23.09.2008 г. № 2003р. – Москва : ТЕХИНФОРМ, 2008. – 61 с.
53. Об организации ОАО «РЖД», стратегических целях развития и первоочередных деятельности Компании [Текст] / Железнодорожный транспорт. - 2003. - № 10.- С.4-10.
54. Об установлении допускаемых скоростей движения поездов по дороге по состоянию железнодорожного пути [Текст]: приказ № 257/Н от 15 июня 2010 г. : в редакции 08.07.2010 г. № 310/Н : по состоянию на 19.08.2010 / ДВЖД.– Хабаровск, 2010.
55. Об установлении веса и длины пассажирских и грузовых поездов на Дальневосточной железной дороге [Текст]: приказ № 560/Н от 25 ноября 2010 г / ДВЖД. – Хабаровск, 2010.

56. Одуденко, Т. А. Увязка продолжительности проведения плановых «окон» с организацией движения поездов [Текст] / Т. Н. Каликина, Т. А. Одуденко // Известия ПГУПС. –2011. – № 4. – С. 115-123.
57. Одуденко, Т. А. Влияние технико-технологических параметров на организацию пропуска поездов при плановых перерывах [Текст] / Т. Н. Каликина, Т. А. Одуденко // Вестник Поволжья. - 2012. - №6(36). - С. 51-58.
58. Одуденко, Т. А. Влияние реструктуризации отрасли железнодорожного транспорта на организацию движения поездов [Текст] / Т. А. Одуденко, Т. Н. Каликина // ВІСНИК Східноукраїнського національного університету імені В. ДАЛЯ; під ред д.т.н., проф. Чернецької-Білецької Н.Б. – Луганськ: Видавництво Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2012. - № 3(174). - 290 с.
59. Одуденко, Т. А. Влияние плановых перерывов в движении на выбор способа организации движения поездов [Текст] / Т. А. Одуденко Т. Н. Каликина, // Донецьк-Красний Лиман; відп. ред. Н.Б. Чернецька-Білецька. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2012. – 119 с. (С. 63- 69).
60. Одуденко, Т. А. Влияние способа организации пропуска поездов в период и после «окна» на количество пропущенных по участку поездов [Электронный ресурс] / Т. А. Одуденко// Украина: Луганск, 2013.
61. Одуденко, Т. А. Организация пропуска поездов в период временного ограничения в движении по одному из путей [Текст] / Т. А. Одуденко; под ред. В. С. Шварцвельда. – Хабаровск: изд. ДВГУПС, 2008. – Т. 3 – С. 145-148.
62. Одуденко, Т. А. Проблемы организации пропуска поездов после перерывов в движении [Текст] / Т. А. Одуденко, Г. В.Санькова, под. ред. В. С. Шварцвельда. – Хабаровск: изд-во ДВГУПС, 2008. – Т. 3 – с. 148-150.

63. Одуденко, Т. А. Анализ факторов влияющих на безопасность движения [Текст] / Т. А. Одуденко, под ред. О. Л. Рудых – Хабаровск: изд-во ДВГУПС, 2009. – Т. 3 – С. 121-123.
64. Одуденко, Т.А. Целесообразность использования «больших окон» для производства путевых работ [Текст] / Т. А. Одуденко. - Ростов-на-Дону, 2009.- С.186 – 188
65. Одуденко, Т.А. Классификация и оценка факторов влияющих на продолжительность перерывов в движении [Текст] / Т. А. Одуденко, под ред. Н.И. Костенко.- Хабаровск: изд-во ДВГУПС, 2010.- Т. 1- С.119-123.
66. Одуденко, Т.А. Анализ продолжительности проведения плановых «окон» [Текст] / Т. А. Одуденко, под ред. Б.Е. Дынькина, А.Ф. Серенко.- Хабаровск: изд. ДВГУПС, 2012.-Т.2.- 345 с. (С.61-64)
67. Одуденко, Т.А. Выбор способа организации пропуска поездов во время и после «окна» в зависимости от параметров графика движения поездов [Текст] / Т.А. Одуденко, под ред. Д.Н. Куклева.- Хабаровск: изд. ДВГУПС, 2012.- 99 с. (С. 75-79).
68. Одуденко, Т.А., Методика выбора способа организации пропуска поездов, при плановых перерывах в движении [Текст] / Т.А. Одуденко // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте: сб. науч. тр. / ОАО НИИАС. – Москва, 2012.
69. Одуденко, Т.А. Анализ проведения «окон» на участках Дальневосточного региона и определение факторов влияющих на пропуск поездов [Текст] / Т. А. Одуденко, А. Г. Какунина. - Хабаровск, 2013. – С. 18-23.
70. Оплетин, В.А. Планирование и эффективное использование «окон» [Текст] / В. А. Оплетин, В. В. Кишка // Железнодорожный транспорт. - 2004. №3. – С.46-49.
71. Осьминин, А. Т. Определение суммарной продолжительности задержки поездов, возникающей из-за предоставления технологических окон [Текст] / А. Т. Осьминин, А. С. Бессолицин // Актуальные проблемы

- управления перевозочным процессом : сб. науч. тр. / ПГУПС. – Санкт-Петербург, 2012. -№11. – С. 109-115.
72. Павловский, И. Г. Организация движения соединенных поездов [Текст] / И. Г. Павловский, А. С. Перминов, А. Д. Чернюгов. – Москва: Транспорт, 1977. – 128 с.
73. Парамонова, Н.В., Рациональная технология пропуска поездов во время окна для проведения ремонтно-строительных работ [Текст] : дис. ...канд. тех. наук: 05.22.08: защищена 07.11.2007 / Парамонова Наталья Владимировна. - Москва, 2007г. – 165 с. – 6107-5/4755.
74. Петров, А. П. План формирования поездов: Опыт, теория, методика расчетов [Текст] / А. П. Петров. – Москва: Трансжелдориздат, 1950.– 483 с.
75. Пехтерев, Ф. С. Международные транспортные коридоры на территории России [Текст] / Ф. С. Пехтерев // Железнодорожный транспорт. – 2001. – № 6. – С. 52–55.
76. Постановление о программе структурной реформы на железнодорожном транспорте [Текст] : [принято Правительством РФ 18 мая 2001 года № 384]. - Москва, 2001. – 49 с.
77. Правила Технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации [Текст]. – Москва: Трансинфо ЛТД, 2011. – 255 с.
78. Программа структурной реформы: план действий [Текст]. // Железнодорожный транспорт.- 2001.- № 1. – С. 2-6.
79. Самарина, Н. А. Составление двухпутного графика движения поездов на ЭВМ [Текст] / Н. А. Самарина. – Москва: Транспорт, 1973. – 123 с.
80. Светлакова, Е.Н. Интенсификация пропуска поездов в период производства капитального ремонта пути [Текст] : дис. ...канд. тех. наук : 05.22.08 / Светлакова Елена Николаевна. - Иркутск, 2005. – 173 с.
81. Себестоимость железнодорожных перевозок [Текст]: учебник для вузов ж.-д. транспорта. / Н. Г. Смехова, А.И. Купоров, Ю.Н. Кожевников [и

- др.]; под ред. Н. Г. Смеховой, А. И. Купорова. - Москва: Маршрут, 2003. – 494 с.
82. Сотников, Е. А. Эксплуатационная работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы) [Текст] / Е. А. Сотников. – Москва: Транспорт, 1986. – 256 с.
 83. Спиридонова, М. А. Методы обоснования эффективности организации строительно-путевых работ [Текст]: автореф. дис. ...канд. тех. наук: 05.23.11 / Спиридонова Марина Анатольевна. - Москва, 2003. – 184 с.
 84. Статистика железнодорожного транспорта [Текст] / Т. И. Козлов, А. А. Поликарпов, Е. П. Леонова [и др.]; под ред. Т. И. Козлова, А.А. Поликарпова. – 2-е изд., доп.- Москва: Транспорт, 1990. – 327с.
 85. Стратегия социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года [Текст]: № 2094-р: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации 28.12.2009. – Москва, 2009.
 86. Сухогузова, И. В. Комплексная оценка графика движения поездов на однопутных участках [Текст] : автореф. ...дис. канд. тех. наук : 05.22.08 / Сухогузова Ирина Валерьевна. – Москва, 2003. – 24 с.
 87. Тишкин, Е. М. Автоматизация составления графика движения поездов [Текст] / Е.М. Тишкин. – Москва: Транспорт, 1977. – 218 с.
 88. Тишкин, Е. М. Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка [Текст]: труды ВНИИАС/ Е. М. Тишкин. - Москва, 2005. – Вып.4. - 240 с.
 89. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации), ремонту и планово-предупредительной выправке пути [Текст]: № 859р.: утв. распоряжением ОАО "РЖД" 02.05.2012 г. – Москва, 2012.
 90. Технология организации работы локомотивов в хозяйственном движении при модернизации, производстве капитального ремонта и текущего содержания объектов инфраструктуры [Текст]: № 2671 р : утв. распоряжением ОАО «РЖД» 4 декабря 2013 г. – Москва, 2013. – 25 с.

91. Толмачев, В. Н. Железные дороги Германии [Текст] / В. Н.Толмачев, Ф. Н. Сапежинский //Железнодорожный транспорт. - 1998. - № 3. – С. 74-77.
92. Толмачев, В. Н. Оперативное управление пропуском поездов на двухпутных участках в периоды проведения ремонтно-путевых работ [Текст] : дис....канд. тех. наук : 05.22.08 / Толмачев Вадим Николаевич. – РГОТУПС., 2004. – 215 с.
93. Толмачев, В.Н. Анализ вариантов схем участков ремонтно-путевых работ [Текст] / В. Н.Толмачев // Транспорт, наука, техника, управление. - 2003. - № 5 – 36 с.
94. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года [Текст]: № 1734-р : утв. распоряжением Правительства Российской Федерации 22. 11. 2008. – Москва, 2008.
95. Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте [Текст]: учебник, в 2т.: Т.2 / В. И. Коволев, А. Т. Осьминин, В. А. Кудрявцев [и др.]; под ред. В. И. Коволева и А. Т. Осьминина. – Москва: ФГОУ Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. – 440 с.
96. Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации: федер. закон: [принят 10.01.2003 № 18-ФЗ] // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2003. – № 3. – 170 с.
97. Черномордик, Г. И. Веса грузовых поездов и полезные длины станционных путей при электрической и тепловозной тяге [Текст] / Г. И. Черномордик // Труды МИИТ, вып. 86, 1957. – С. 19–42.
98. Шаров, В. А. Комплексная программа оптимизации эксплуатационной работы сети железных дорог России до 2010 года [Текст] / В. А. Шаров // Труды ВНИИУП МПС России, вып. 1, 2002. – С.10-22.
99. Шаров, В. А., Сетевой центр управления: планирование и организация работы [Текст] / В. А. Шаров, А. С. Гершвальд, А. И. Лизунов, Т. А. Громова // Железнодорожный транспорт. – 2000. - № 265 - 69 с.

100. Широкова, В. В. Организация движения поездов в период летних путевых работ [Текст] / В. В. Широкова. – Хабаровск: изд. ДВГУПС, 2001. – 40 с.
101. Шобанов, А. В. Планирование эксплуатационных расходов в условиях реформирования [Текст] / А. В. Шобанов // Железнодорожный транспорт, 1999. - № 2. - С.63-65.
102. Экономика железнодорожного транспорта: учебник для вузов ж.-д. транспорт [Текст] / И. В. Белов, Н. П. Терешина, В. Г. Галабурда [и др.], под ред. Н. П. Терешиной, Б. М. Лapidуса, М. Ф. Трихункова. -Москва: УМК МПС России, 2001. - 600 с.
103. Эксплуатация железных дорог [Текст] / под ред. В. В. Повороженко, В. М. Акулиничева. – Москва: Транспорт, 1982. – 382 с.
104. Яхимович, В.В. Опыт организации движения при капитальном ремонте пути [Текст] / В. В. Яхимович // Железнодорожный транспорт, 2001. - №1.- С. 52 - 56.
105. Яхимович, В.В. Повышение эффективности эксплуатационной работы железных дорог путем оптимизации технологии капитального ремонта пути на полигоне В. Сиб. Региона [Текст]: автореф.... дис. канд. тех. наук : 05.22.01 / Яхимович Валерий Владимирович. - Новосибирск, 2004. - 24 с.
106. Яхимович, В. В. Эффективность «окон» большой продолжительности [Текст] / В. В. Яхимович, Н. А. Никулин, А. В. Дмитренко // Железнодорожный транспорт, 2000. - №3. – С. 22-24.
107. 荣佑范, 铁路线路维修与大修. / Жун, Юфань. Ремонт и капитальный ремонт железнодорожных линий. / Юфань Жун . – 北京 : 中国铁道出版社, 2008年234页
108. <http://maps.yandex.ru/>. карты [Электронный ресурс] / ООО «Яндекс».

Листинг программы

```
unit Unit1;
```

```
interface
```

```
uses
```

```
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,  
Dialogs, StdCtrls, ComCtrls, Buttons;
```

```
type
```

```
TMainForm = class(TForm)
```

```
  GroupBox1: TGroupBox;
```

```
  Label1 TLabel;
```

```
  EditTok TEdit;
```

```
  Label4: TLabel;
```

```
  EditLuch: TEdit;
```

```
  BitBtn1: TBitBtn;
```

```
  GroupBox2 TGroupBox;
```

```
  BitBtn2 TBitBtn;
```

```
  Label7 TLabel;
```

```
  EditNgr TEdit;
```

```
  CheckBox1: TCheckBox;
```

```
  Label21: TLabel;
```

```
  Label22: TLabel;
```

```
  Label2 TLabel;
```

```
  Label6 TLabel;
```

```
  EditNpas: TEdit;
```

```
  Label9: TLabel;
```

```
  EditIvosst: TEdit;
```

```
  Label24: TLabel;
```

```

Label10: TLabel;
EditSt_intA: TEdit;
Label25: TLabel;
EditSt_intB: TEdit;
Label28: TLabel;
EditNput_min: TEdit;
Label29: TLabel;
Edittxpas_chet: TEdit;
Label30: TLabel;
Edittxpas_nechet: TEdit;
EditSpeed: TEdit;
Label3: TLabel;
Label5: TLabel;
Label8: TLabel;
Label11: TLabel;
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  MainForm: TMainForm;
  tper, Nchet,Nnechet, N, Luch, Np_pak, Np_chpak, tvosst_chet,tvosst_nechet:
real;
  Ivosst,In_chet,In_nechet,I, tp, tau_B, tau_A,k_chet,k_nechet : real;
  Tper_nepak, Tpak, Tchpak,tx_gr,tx_pas_chet,tx_pas_nechet: real;
  kp,V: integer;
implementation
{$R *.dfm}

```

procedure Output_single(alpha,Period:real);

begin

tvosst_chet:=(((1440-tp)*alpha*k_chet/(1440*(1-k_chet)))*tper;

tvosst_nechet:=(((1440-tp)*alpha*k_nechet/(1440*(1-k_nechet)))*tper;

if tvosst_chet<0 then tvosst_chet:=0;

if tvosst_nechet<0 then tvosst_nechet:=0;

MainForm.Label8.Caption:= 'Время восстановления в четном направлении
твосст =' + FloatToStr(round(tvosst_chet*100)/100) + ', мин, в нечетном направлении
твосст =' + FloatToStr(round(tvosst_nechet*100)/100) + ' мин.';

MainForm.Label11.Caption:= 'Количество задержанных поездов в четном
направлении Nзад=' + IntToStr(trunc(tvosst_chet/Ivosst-tvosst_chet/In_chet)+1) + ' в
нечетном направлении Nзад=' + IntToStr(trunc(tvosst_nechet/Ivosst-
tvosst_chet/In_nechet)+1);

end;

procedure Output_double(alpha,Period:real);

begin

tvosst_chet:=((((1440-tp)*alpha*k_chet/1440)-Ivosst/Period)/(1-k_chet))*tper;

tvosst_nechet:=((((1440-tp)*alpha*k_nechet/1440)-Ivosst/Period)/(1-
k_nechet))*tper;

if tvosst_chet<0 then tvosst_chet:=0

if tvosst_nechet<0 then tvosst_nechet:=0

MainForm.Label8.Caption:= 'Время восстановления в четном направлении
твосст=' + FloatToStr(round(tvosst_chet*100)/100) + ', мин, в нечетном направлении
твосст=' + FloatToStr(round(tvosst_nechet*100)/100) + ' мин.';

MainForm.Label11.Caption:= 'Количество задержанных поездов в четном
направлении Nзад=' + IntToStr(trunc(tvosst_chet/Ivosst-tvosst_chet/In_chet)+1) + ' в
нечетном направлении Nзад=' + IntToStr(trunc(tvosst_nechet/Ivosst-
tvosst_chet/In_nechet)+1);

end;

procedure InputData();

Var

ks_chet,ks_nechet:real;

begin

tper := StrToInt(MainForm.EditTok.Text);

tx_pas_chet:= StrToInt(MainForm.Edittxpas_chet.Text);

tx_pas_nechet:= StrToInt(MainForm.Edittxpas_nechet.Text);

Luch := StrToFloat(MainForm.EditLuch.Text);

V:=StrToInt(MainForm.EditSpeed.Text);

tx_gr:= 60*Luch/V;

ks_chet:=0.4+0.6*(tx_gr/tx_pas_chet);

ks_nechet:=0.4+0.6*(tx_gr/tx_pas_nechet);

Nchet :=

trunc(StrToInt(MainForm.EditNgr.Text)+StrToInt(MainForm.EditNpas.Text)*ks_chet)+1;

Nnechet :=

trunc(StrToInt(MainForm.EditNgr.Text)+StrToInt(MainForm.EditNpas.Text)*ks_nechet)+1;

Ivosst:= StrToFloat(MainForm.EditIvosst.Text);

tau_A:=StrToFloat(MainForm.EditSt_intA.Text);

tau_B:=StrToFloat(MainForm.EditSt_intB.Text);

end;**procedure Nppak(var i:integer; var j:integer);****begin****try**

i:=round((Ivosst+sqrt(sqr(Ivosst)-In_chet*(2*Ivosst-Tper_nepak)))/In_chet);

j:=round((Ivosst+sqrt(sqr(Ivosst)-In_nechet*(4*Ivosst-2*Tper_nepak)))/In_nechet);

except

i:=1;

j:=1;

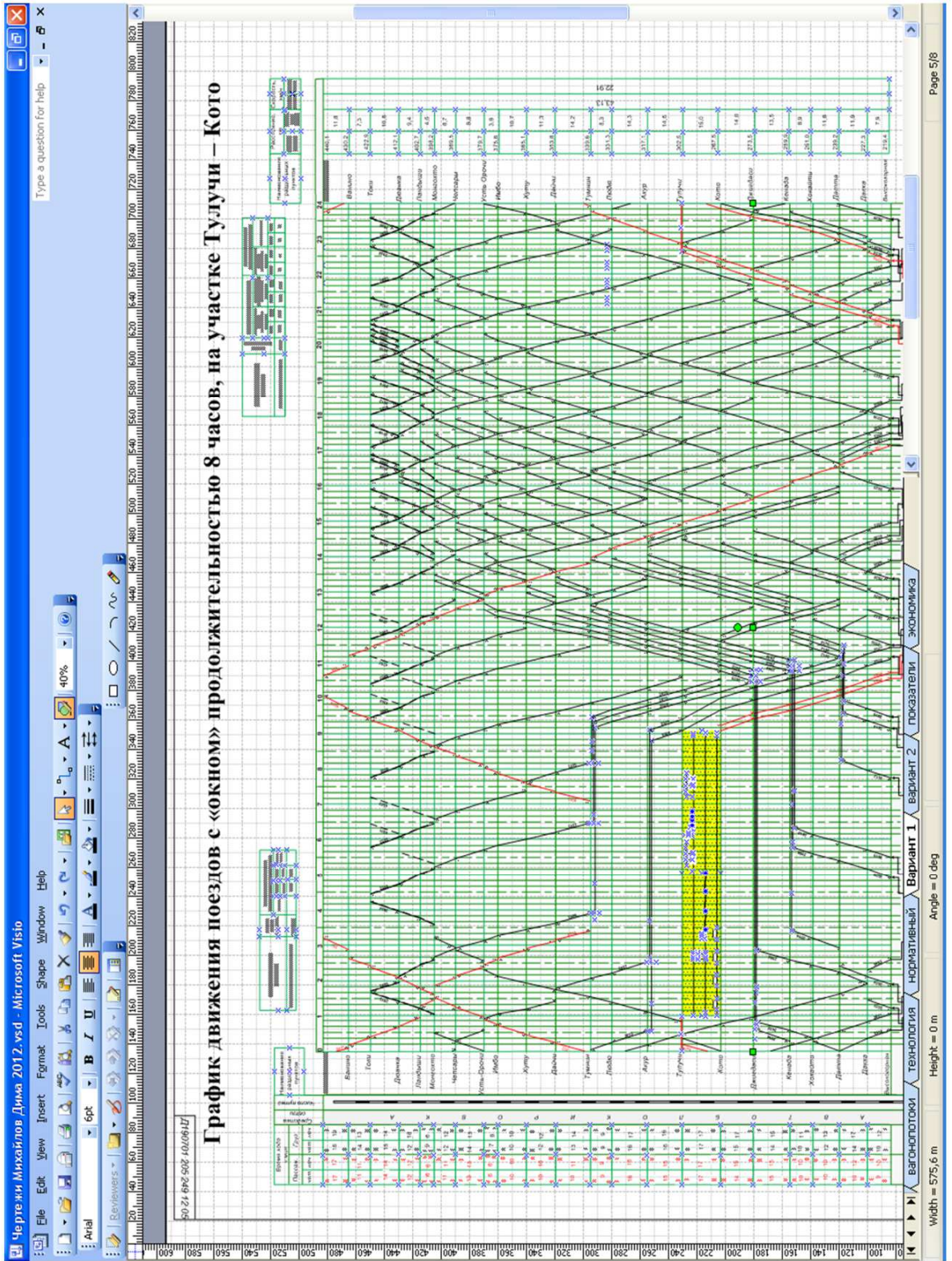
```

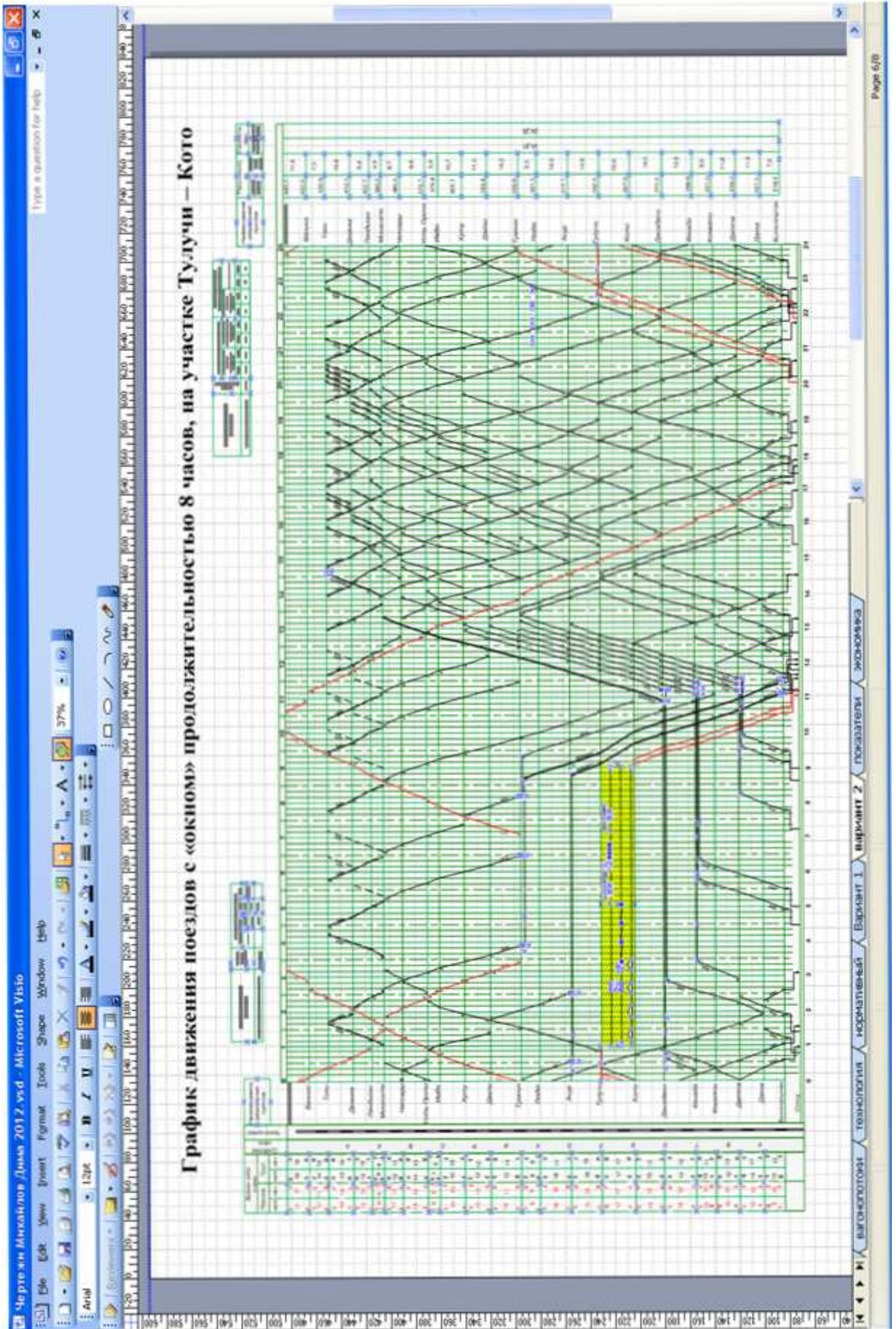
end;
end;
procedure TMainForm.BitBtn1Click(Sender: TObject);
Var
  tp:integer;
  alpha:real;
  i,j:integer;
begin
  InputData();
  tp:= 150;
  alpha:= 0.86;
  In_chet := (1440-tp)*alpha/Nchet;
  In_nechet := (1440-tp)*alpha/Nnechet;
  k_chet:=Ivosst/In_chet;
  k_nechet:=Ivosst/In_nechet;
  Tper_nepak:= 2*tx_gr+tau_A+tau_B;
  Nppak(i,j);
if ((i<2) and (j<2)) then
begin
if MainForm.CheckBox1.Checked then
  Output_single(alpha,Tper_nepak)
else
  Output_double(alpha,Tper_nepak);
  MainForm.Label5.Caption:='НЕПАКЕТНЫЙ';
end
else
begin
if ((j>=2) and (i<2)) then
begin
    Tpak := (2*Tper_nepak+ 2*Ivosst*(j-1))/(j+1);

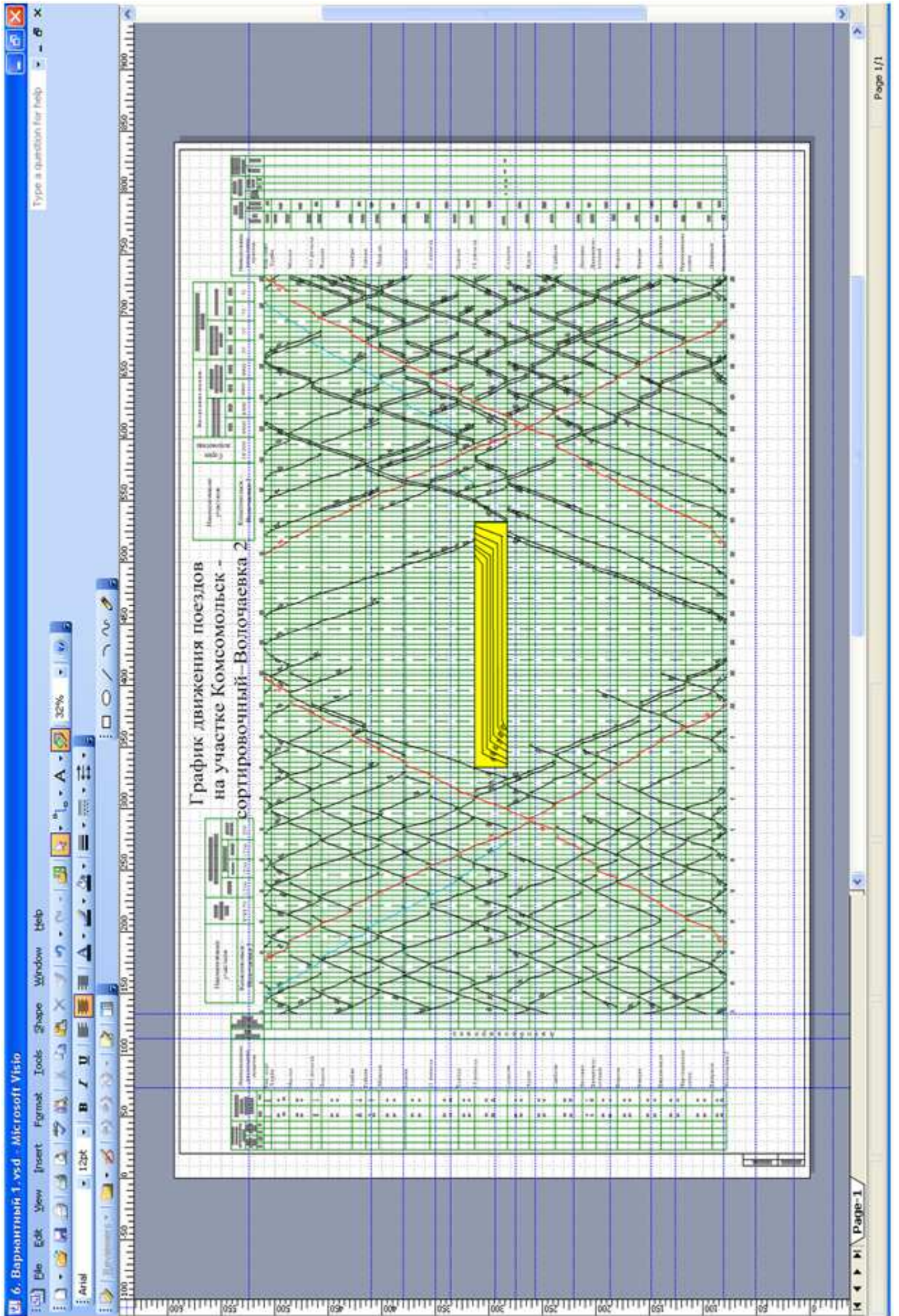
```

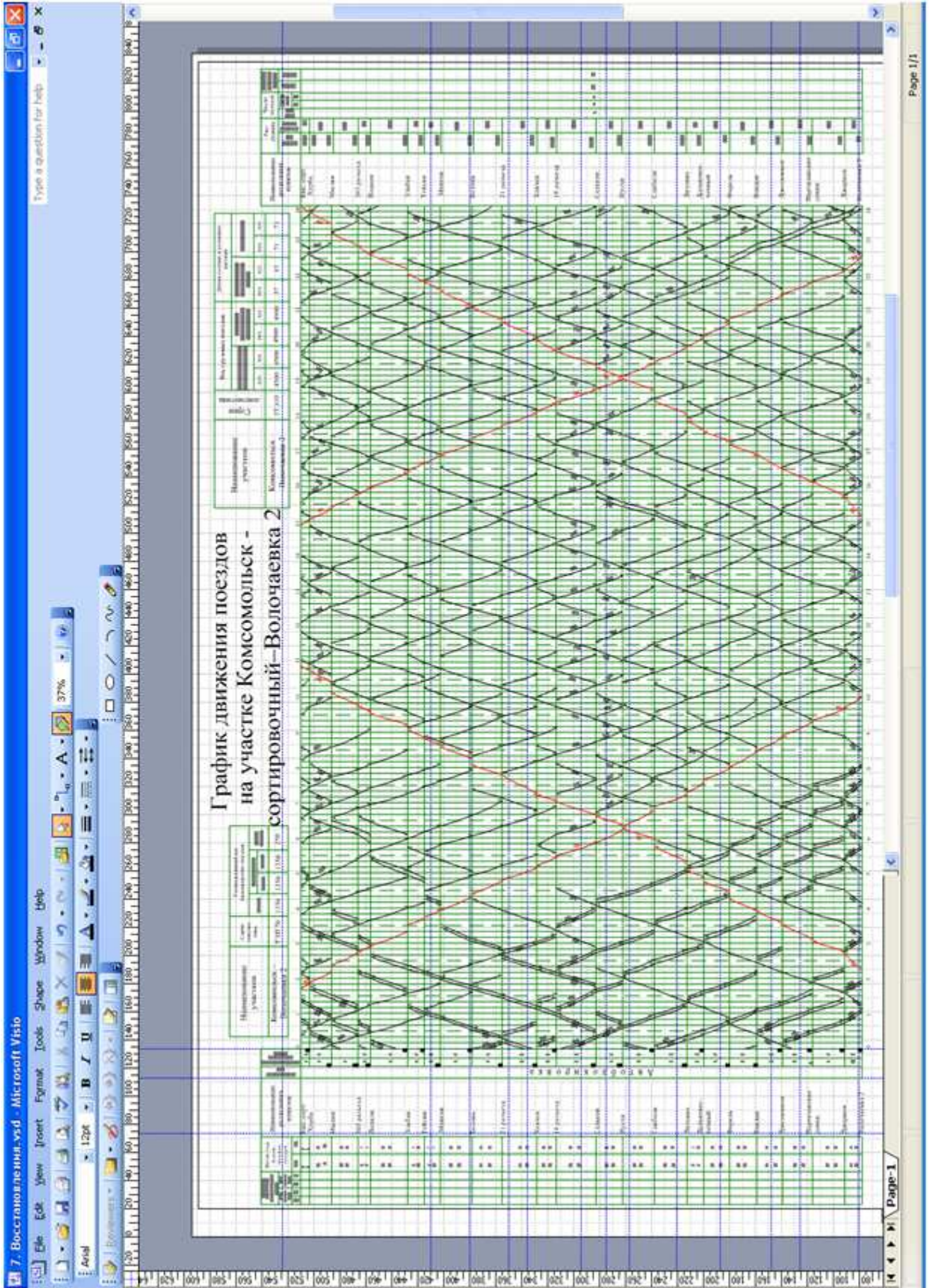
```
if MainForm.CheckBox1.Checked then
    Output_single(alpha,Тpak)
else
    Output_double(alpha,Тpak);
    MainForm.Label5.Caption:='ЧАСТИЧНО ПАКЕТНЫЙ';
end
else
begin
    Тpak := (2*Тper_nepak+ 2*Ivosst*(i+i-2))/(i+i);
if MainForm.CheckBox1.Checked then
    Output_single(alpha,Тpak)
else
    Output_double(alpha,Тpak);
    MainForm.Label5.Caption:='ПАКЕТНЫЙ';
end;
end;
end;
end.
```

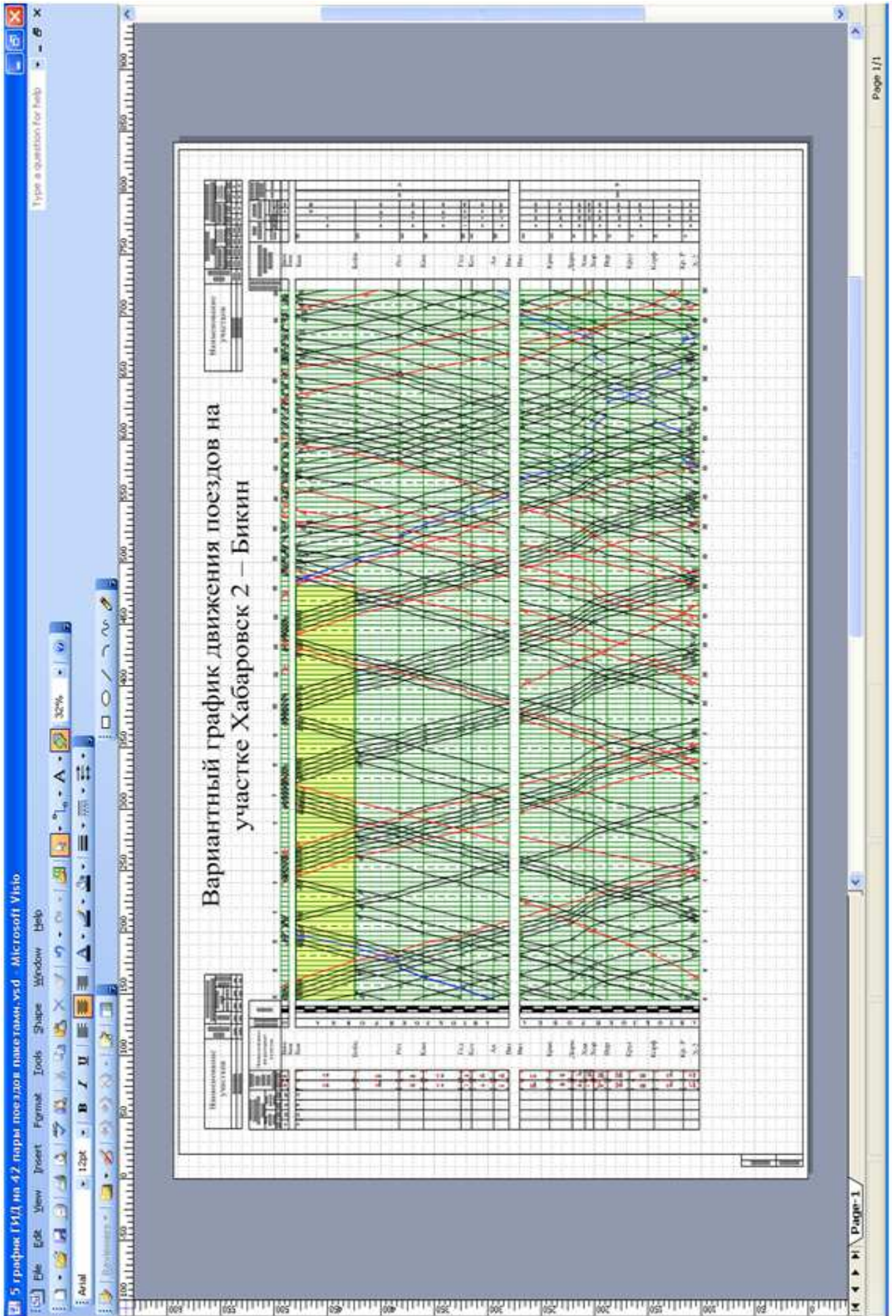
Скриншоты графиков движения поездов для однопутной линии

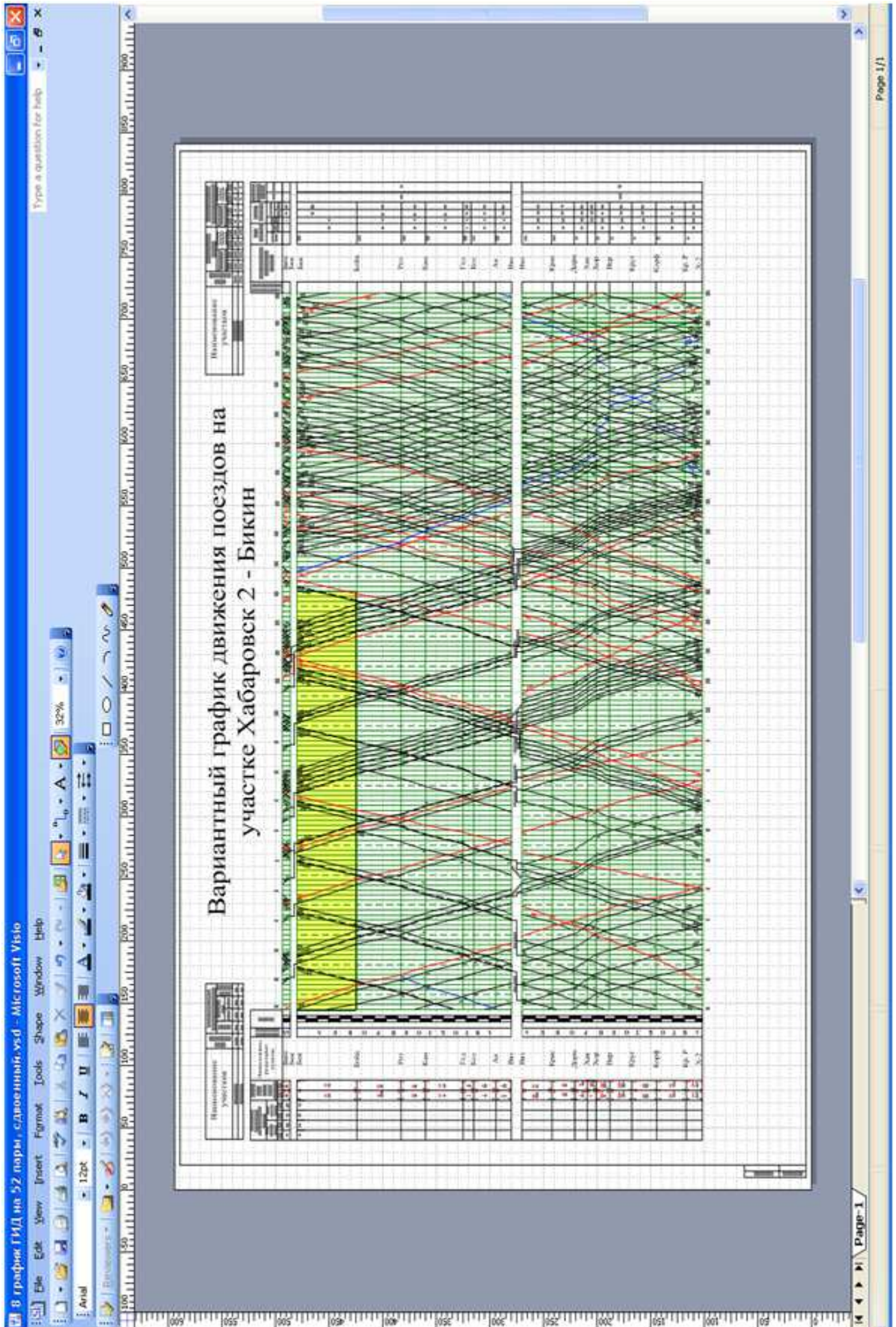


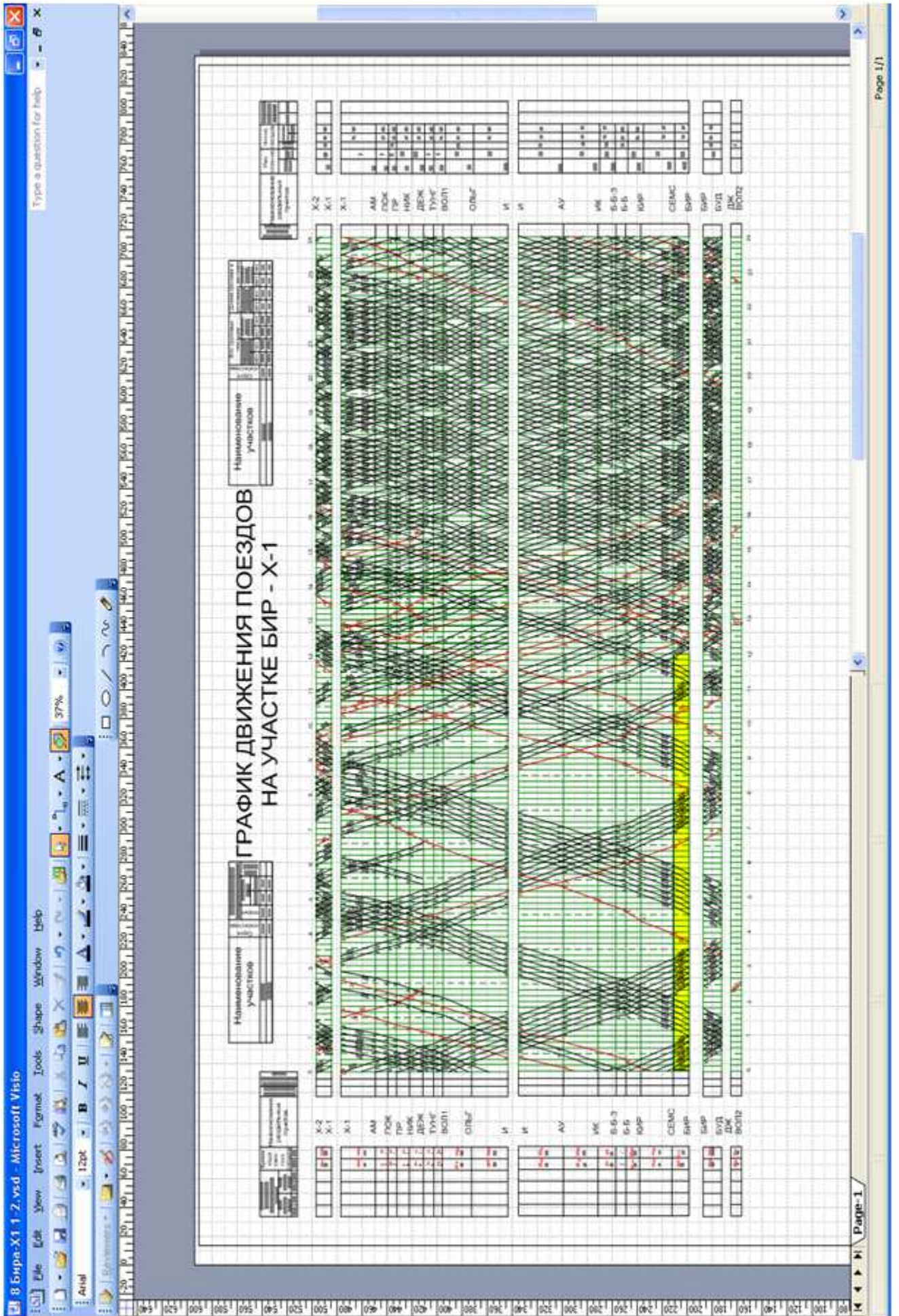














**ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»
ЦЕНТРАЛЬНАЯ ДИРЕКЦИЯ
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ**

**СТРУКТУРНОЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНАЯ ДИРЕКЦИЯ
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ**

Калинина ул., 66,
г. Хабаровск, 680000,
тел.: (4212) 38-46-65, 38-52-23

«04» 12.2013 г. № 1215

На № _____ от _____

АКТ

о внедрении результатов диссертационной работы соискателя Одуденко Т.А. на тему: «Технология пропуска поездов при перерывах в движении на железнодорожных участках Дальневосточного региона» выполнена на кафедре «Организация перевозок и безопасность на транспорте» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», г. Хабаровск.

Результаты, выводы и предложения диссертационной работы были использованы как теоретико-методические материалы и рекомендации по выбору рационального способа пропуска поездов при разработке вариантных графиков движения поездов в период проведения плановых перерывов, с учетом технической оснащенности на двухпутных участках Хабаровского района управления и на однопутных участках Комсомольского района управления Дальневосточной дирекции управления движением филиала ОАО «РЖД», в период проведения работ с мая по октябрь 2013 года.

И.о. главного инженера дирекции



Д.Л. Щукин