

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
РУТ (МИИТ)

На правах рукописи



Серёгин Игорь Витальевич

ОРГАНИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ
И НАПРАВЛЕНИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ДЛИННОСОСТАВНЫХ ПОЕЗДОВ
И ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ

2.9.4. Управление процессами перевозок
(технические науки)

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель
Максимова Евгения Сергеевна
кандидат технических наук, доцент

Москва – 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ДЛИННОСОСТАВНЫХ ПОЕЗДОВ.....	12
1.1 Анализ особенностей организации движения длинносоставных поездов на полигоне железных дорог.....	12
1.1.1 Особенности организации работы железнодорожных узлов и пропуска поездов повышенной массы и длины на отечественных железных дорогах.....	12
1.1.2 Зарубежный опыт организации работы железнодорожных узлов и пропуска поездов повышенной массы и длины.....	28
1.2 Обзор теоретических исследований в области организации движения длинносоставных поездов на отечественных железных дорогах	32
1.3 Постановка задачи исследования	39
1.4 Выводы по первой главе	42
2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ И НАПРАВЛЕНИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ДЛИННОСОСТАВНЫХ ПОЕЗДОВ И ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ	45
2.1 Анализ конструкций и вместимости приёмо-отправочных путей на станциях	45
2.2 Варианты отправления длинносоставных поездов с начальных станций при наличии инфраструктурных ограничений на участке между двумя железнодорожными узлами.....	53
2.3 Анализ межпоездных интервалов следования грузовых поездов на участке Б.-С. – С. с использованием методов математической статистики	59
2.4 Анализ потерь поездо-часов на участке Б.-С. – С.	65
2.5 Выводы по второй главе	72

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РАБОТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ И НАПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОГО ПОДВОДА ПОЕЗДОПОТОКА.....	74
3.1 Построение имитационной модели взаимодействия в работе железнодорожных узлов и направления в системе ИМЕТРА	74
3.2 Проведение имитационных экспериментов и определение основных ограничений в работе на примере железнодорожного узла С.....	77
3.3 Выводы по третьей главе	98
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЗАНЯТОСТИ ПРИЁМО-ОТПРАВОЧНЫХ ПУТЕЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЗЛА.....	100
4.1 Определение основных значений межпоездных интервалов грузовых поездов в месяцы максимальных перевозок	100
4.2 Предложения по внедрению автоматизированной системы оперативной аналитики для поддержки принятия решений при планировании работы взаимодействующих железнодорожных узлов.....	118
4.3 Варианты организации движения поездов на участке между двумя железнодорожными узлами в условиях нестабильного поездопотока и оценки наличия поездных локомотивов.....	126
4.4 Методический подход по обоснованию выбора рациональных параметров организации взаимодействия железнодорожных узлов и направлений.....	141
4.5 Выводы по четвёртой главе	147
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	149
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	152
ПРИЛОЖЕНИЕ А Анализ потерь поездо-часов при неравномерном подводе поездопотока в железнодорожном узле на примере узла С.....	171
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Акт внедрения результатов работы	231

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертационного исследования. Модернизация железнодорожной инфраструктуры, привлечение дополнительных инвестиций, увеличение пропускной и провозной способности и, как следствие, создание параметров для развития тяжеловесного, длинносоставного движения и многие другие приоритетные задачи изложены в Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. [2]. При пропуске длинносоставных поездов необходимо учитывать поездное положение участка, работу станций и железнодорожных узлов, имеющих инфраструктурные ограничения. Работа железнодорожного узла зависит от равномерного подвода поездов, наличия потребного парка локомотивов, наряд-заказа локомотивных бригад и работы сортировочной системы станций и других факторов [30]. Необходимо также учитывать наличие инфраструктурных ограничений и возможность приёма соседнего железнодорожного узла [19, 115].

Формирование длинносоставных и тяжеловесных поездов позволяет повысить провозную способность линии и участков железнодорожной сети. Но при этом существует ряд ограничений, связанных с необходимостью удлинения путей на станциях, увеличением времени на накопление составов, отправлением на нормативные нитки графика ввиду особых условий пропуска грузовых поездов [112, 115, 116].

Необходимо разработать технологию беспрепятственного, безостановочного и эффективного пропуска длинносоставных поездов на участке между двумя железнодорожными узлами, имеющими инфраструктурные ограничения, для существенного сокращения потерь поезд-часов на промежуточных станциях, вызванных стоянками длинносоставных грузовых поездов вследствие неприёма железнодорожным узлом.

Степень разработанности темы исследования. В основу данного диссертационного исследования положены научные и практические работы учёных в области эксплуатации железнодорожного транспорта, а именно:

– в области совершенствования работы станций и узлов: П. В. Бартенева, С. В. Земблинова, С. Д. Карейша, Б. С. Козина, И. Т. Козлова, М. И. Мехедова, В. Д. Никитина, В. Н. Образцова, А. Т. Осьминина, В. А. Персианова, К. Ю. Скалова, Ф. И. Шаульского и других учёных;

– в области имитационного моделирования работы железнодорожного транспорта и транспортных процессов: В. М. Акулиничева, А. Э. Александрова, А. П. Батурина, А. Ф. Бородина, С. В. Бушуева, А. В. Горелика, Ю. И. Ефименко, П. А. Козлова, В. С. Колокольникова, В. А. Кудрявцева, Е. Лещинского, Е. С. Максимовой, О. В. Москвичева, О. В. Осокина, Ю. О. Пазойского, В. Ю. Пермикина, В. А. Персианова, К. Ю. Скалова, И. Б. Сотникова, Е. А. Сотникова, К. К. Таля, Е. Н. Тимухиной, М. В. Четчуева, Н. Н. Шабалина, Р. Шеннона и других учёных;

– в области использования современных технологий автоматизации: В. И. Апатцева, С. П. Вакуленко, Д. В. Железнова, П. А. Козлова, Э. К. Лецкого, А. А. Смехова, О. В. Осокина, Е. А. Сотникова, Л. П. Тулупова, И. Н. Шапкина, М. И. Шмулевича и других учёных.

Необходимо дальнейшее исследование по определению рационального варианта пропуска длинносоставных поездов для сокращения потерь поездочасов в оперативных условиях, включая изучение статистики неприёма длинносоставных поездов железнодорожным узлом, имеющим инфраструктурные ограничения, технико-экономическое сравнение пропуска длинносоставных поездов при разной интенсивности поездопотока в части расходов, зависящих от перевозок.

Целью диссертационного исследования является разработка научно-методических положений по взаимодействию железнодорожных узлов и направлений в оперативных условиях при организации пропуска длинносоставных грузовых поездов с учетом инфраструктурных ограничений.

Задачами данного диссертационного исследования являются:

– выявление факторов, оказывающих существенное влияние на возникновение потерь поездочасов при следовании длинносоставных поездов по участкам;

- анализ поездопотока между двумя железнодорожными узлами для определения беспрепятственного приема поездов железнодорожным узлом, имеющим инфраструктурные ограничения;
- определение взаимосвязи потерь поездо-часов от доли длинносоставных поездов в общем числе грузовых поездов;
- разработка имитационной модели взаимодействия железнодорожных узлов и направления, постановка серии имитационных экспериментов с анализом возможных вариантов организации поступающего поездопотока и дефицита поездных локомотивов;
- технико-экономическая оценка результатов модельных расчетов с количественным обоснованием рациональных вариантов оперативной организации формирования и пропуска длинносоставных поездов при наличии инфраструктурных ограничений;
- разработка рекомендаций по практическому применению результатов исследования на полигонах взаимодействия железнодорожных узлов и направлений железных дорог.

Объектом исследования являются железнодорожные участки и направления, где осуществляется и планируется развитие движения длинносоставных грузовых поездов через железнодорожные узлы, имеющие инфраструктурные ограничения.

Предметом исследования являются методы беспрепятственного приема, отправления и пропуска длинносоставных грузовых поездов через железнодорожные узлы, имеющие инфраструктурные ограничения.

Научная новизна полученных автором диссертации результатов состоит в следующем:

- разработан порядок распределения работы по регулированию движения между станциями взаимодействующих узлов при движении длинносоставных поездов и инфраструктурных ограничениях с рациональным упорядочением транспортных потоков по подводу в узлы и по отправлению из узлов на основе имитационного моделирования;

– разработаны алгоритмы для информационно-аналитической поддержки принятия оперативных решений при назначении длинносоставных и тяжеловесных поездов, при планировании работы железнодорожных узлов и при расчете корректирующих воздействий на вагоны, имеющие потенциальные риски нарушения сроков доставки;

– разработаны методические подходы по обоснованию выбора рациональных параметров организации взаимодействия железнодорожных узлов и направлений, по формированию и пропуску длинносоставных поездов в условиях неоднородной вместимости и специализации приёмо-отправочных путей станций и неоднородных транспортных потоках.

Теоретическая и практическая значимость работы. Научные выводы и методические решения, представленные в диссертации, обеспечивают теоретическую основу для эффективной организации оперативного взаимодействия узлов и направлений железных дорог при формировании и пропуске длинносоставных поездов в условиях инфраструктурных ограничений.

Практическое применение результатов работы обуславливается возможностью внедрения информационно – аналитической программы для поддержки принятия решений в диспетчерских центрах управления перевозками, что позволит снизить количество ошибок в планировании поездной работы, уменьшить затраты ресурсов, а также организовать работу железнодорожных узлов, имеющих инфраструктурные ограничения, и внедрением разработанных методик в учебный процесс ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ), что подтверждается актами, приведенными в Приложении к диссертации.

Методология и методы исследования. В соответствии с паспортом научной специальности 2.9.4. Управление процессами перевозок (технические науки):

1. Планирование, организация и управление транспортными потоками;
2. Технология транспортных процессов, моделирование и совершенствование транспортных технологических процессов;
3. Развитие транспортной сети. Совершенствование схем и организации работы транспортной инфраструктуры,

в ходе выполнения диссертационных исследований автором использованы основные положения теории графика движения поездов и пропускной способности железных дорог; теории взаимодействия станционных процессов между собой и с графиком движения поездов; теории вероятностей и математической статистики; методы имитационного моделирования работы станций и участков железных дорог; методы технико-экономического сопоставления вариантов оперативных решений по организации и пропуску длинносоставных грузовых поездов с учетом инфраструктурных ограничений.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

положения для построения имитационной модели взаимодействия узлов, направления железной дороги и результаты имитационных экспериментов для поиска рациональных параметров регулирования отправления и подвода поездов с учетом неоднородности путевого развития и транспортных потоков, а также наличия поездных локомотивов в железнодорожном узле;

технико-экономическая эффективность пропуска длинносоставных грузовых поездов при наличии инфраструктурных ограничений в оперативных условиях с учетом сопоставления изменения размеров грузового движения и потерь поездо-часов в узлах и на участках, а также вариантов путей следования вагонопотоков между рассматриваемыми узлами;

алгоритм оперативной аналитики для поддержки принятия решений в оперативных условиях при планировании работы взаимодействующих железнодорожных узлов, имеющих инфраструктурные ограничения, обеспечивающий контроль соблюдения межпоездного интервала, оценку занятости приёмо-отправочных путей в железнодорожном узле и на основе этих данных – рекомендуемый порядок отправления длинносоставных грузовых поездов;

методические положения поэтапного развития длинносоставного движения, основанные на взаимодействии нескольких железнодорожных узлов, типизации станций и инфраструктурных ограничениях.

Степень достоверности. Достоверность и обоснованность научных положений и выводов подтверждается применением методов теории вероятностей, математической статистики для обработки полученных данных; построением имитационной модели определения работы узлов, имеющих инфраструктурные ограничения, методов технико-экономического сравнения вариантов моделирования работы узлов и участков; использованием статистических данных, необходимых для анализа работы железнодорожных узлов, из информационных систем ОАО «РЖД». Использованы сравнения авторских данных с данными, полученными ранее в работах, посвящённых взаимодействию железнодорожных узлов и направлений железных дорог. Обоснованность выводов подтверждается логичной и последовательной структурой исследования с учетом ранее исследованных факторов и результатов предшествующих работ.

Сформулированные в диссертации выводы учитывают практический опыт эксплуатации отечественных железных дорог, а также существующие особенности эксплуатации железнодорожных линий и железнодорожных узлов.

Результаты диссертационного исследования реализованы в Методике определения порядка формирования корректирующих воздействий на вагоны/поезда/отправки на станции и в пути следования, имеющие потенциальные риски нарушения сроков доставки (утверждена распоряжением ОАО «РЖД» №2140/р от 23.08.2023 г.) [120].

Апробация результатов. Результаты диссертации доложены и одобрены:

- на заседаниях кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» (ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ));
- XIX Всероссийской научно-практической конференции «Безопасность движения поездов», Россия, Москва, 8 – 9 ноября 2018 г.;
- Всероссийской научно-практической конференции «Неделя науки – 2018», Москва, РУТ (МИИТ), 2 – 6 апреля 2018 г.;

- Всероссийской научно-практической конференции «Неделя науки – 2019», Москва, РУТ (МИИТ), 25 – 29 марта 2019 г.;
- XLIII Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева, Алматы, 17 апреля 2019 г.;
- Международной научно-практической конференции «Федор Петрович Кочнев – выдающийся организатор транспортного образования и науки в России», Россия, Москва, РУТ (МИИТ), 22 – 23 апреля 2021 г.;
- Международной научно-практической конференции «Кочневские чтения-2023: современная теория и практика эксплуатационной работы железных дорог», Россия, Москва, РУТ (МИИТ), 19 – 20 апреля 2023 г.;
- VIII международно-практической конференции «Транспорт и логистика: технологии устойчивого развития», РГУПС, 1 – 2 февраля 2024 г.;
- Международной научно-практической конференции «Кочневские чтения-2025: современная теория и практика эксплуатационной работы железных дорог», Россия, Москва, РУТ (МИИТ), 23 – 24 апреля 2025 г.

Публикации: материалы, отражающие основные положения данной диссертационной работы, изложены в 11 печатных работах [3 – 13], в том числе в 5 изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки РФ [3–7]. Основные положения и результаты исследований получены автором самостоятельно. Статьи [3, 5–7, 9–12] подготовлены единолично.

Личный вклад автора диссертации в рамках публикаций [4, 8, 13], подготовленных в соавторстве: подготовка и разработка информационной программы для пропуска длинносоставных поездов кружными маршрутами в случае наличия инфраструктурных ограничений на участке, анализ инфраструктуры [4], определение типизации станций, описание предложенных типов станций, их недостатков и преимуществ, анализ станций сети на разделяемые типы [8], анализ железнодорожной инфраструктуры, размеров движения грузовых поездов и составление основных выводов выполненного исследования [13].

Структура и объём диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и двух приложений. Материалы диссертационной работы изложены на 234 страницах, включая 170 страниц основного текста, содержащего 82 рисунка и 36 таблиц. Список литературы состоит из 143 наименований.

1 ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ДЛИННОСОСТАВНЫХ ПОЕЗДОВ

1.1 Анализ особенностей организации движения длинносоставных поездов на полигоне железных дорог

1.1.1 Особенности организации работы железнодорожных узлов и пропуска поездов повышенной массы и длины на отечественных железных дорогах

Совершенствование отечественной промышленности, технологий производства и качества продукции улучшает спрос на товары у потребителя, что повышает необходимость их транспортировки по стране. Все эти факторы, а также изменения геополитических условий приводят к увеличению массы, длины состава и загрузке крупных железнодорожных, транспортных узлов. Так, с 2015 г. по 2017 г., удельный вес электрифицированных участков в общей длине железных дорог вырос на 1,1%, но в общем составляет менее 60%, что усложняет и замедляет процесс транспортировки грузов, повышает необходимость модернизации сети и уменьшения количества станций смены рода тока [92].

Переориентирование грузовых потоков на Восточный полигон и увеличение интереса стран Азиатско-Тихоокеанского региона к природным запасам России повышает не только количество грузовых поездов на этом направлении, но и их составность. Так, по данным ОСЖД, в сообщении с Китаем отправлено свыше 17,5 тыс. контейнерных поездов, что позволило достичь увеличения объёмов движения на 6% относительно 2022 года [135]. Увеличивается количество объединённых контейнерных поездов с длиной, превышающей 100 условных вагонов. Так открытие ТЛЦ «Артём» на Восточном полигоне позволит отправлять контейнерные поезда из 142 усл. вагонов. При этом 12 станций, на которых находятся ТЛЦ, имеют ограничения по приёму таких поездов. Всё это создает

необходимость тщательного планирования, создания новых технологий и схем безостановочного пропуска поездов по участку [96, 97].

Изменение размеров движения грузовых поездов на различных направлениях, в том числе увеличение размеров движения контейнерных поездов из стран Азии в нашу страну из-за изменения геополитических условий, требуют эффективного, рационального и полного использования перерабатывающих способностей технических станций, пропускной и провозной способности линий и участков. Организация вагонопотоков с выбором оптимального маршрута следования грузовых поездов, с учётом инфраструктурных ограничений, является важнейшей задачей для отечественных учёных железнодорожной отрасли. Так, в научных работах д.т.н., профессора Осьминина А. Т. рассматривается выбор рациональной организации вагонопотоков не только на полигоне железной дороги, но и организация местных вагонопотоков в железнодорожном узле [138, 139].

Использование математических, имитационных методов и моделей, информационных систем для поиска наилучших вариантов повышения пропускной и провозной способности сети повышают точность результатов и позволяют спрогнозировать поэтапный план развития железнодорожной инфраструктуры. Научные результаты и выводы использования математических методов и моделей в эксплуатационной работе железнодорожного транспорта описаны в научных работах [140 – 143] отечественных учёных д.т.н. Москвичева О. В. и д.т.н. Железнова Д. В.

Полученные результаты могут быть применены в алгоритмах нейронных сетей для повышения пропускной и провозной способности участков, железнодорожных узлов, в том числе с учётом развития длинносоставного движения [43]. Но необходимо отметить, что модернизация и переустройство станций сети проводится очень медленными темпами, что создает условия для ожидания приёма поездов по крупным техническим станциям стыкования тока, завышения времени оборота поездных локомотивов в железнодорожных узлах [90].

На приём поездов железнодорожными узлами также влияет равномерность их отправления с крупных технических станций. В случае нарушения

межпоездного интервала создается необходимость их остановки на промежуточных станциях. Подобная практика применяется на железных дорогах иностранных государств [105, 106]. В ряде научных работ [21, 23, 33 – 36, 121] рассмотрены данные проблемы. Их изучение позволяет более детально определить наилучшие схемы пропуска поездов по участку с минимальными временными и экономическими затратами, исключая подобные ошибки.

Пропуск поездов повышенной массы и длины увеличивает провозную способность линии, но требует дополнительных временных и энергетических затрат [9, 13, 82, 91, 116]. Так в научной статье [82] приведено исследование, показывающее на примере участка Панк. – Свет., что с увеличением числа тяжеловесных поездов пропускная способность уменьшилась, но увеличилась провозная способность. Подобные исследования наглядно показывают целесообразность формирования поездов данных категорий.

Важными пунктами в инфраструктуре являются железнодорожные узлы. Они объединяют в себе несколько направлений и станций, могут иметь локомотивное депо и большой объём грузовой работы [27, 29]. Из-за простоя под накоплением и в ожидании поездных локомотивов, а также из-за других ограничивающих факторов нахождение подвижного состава в узле составляет 50 – 60% времени от всей перевозки по маршруту [29, 93].

Как правило, в железнодорожном узле присутствуют технические устройства, которые относятся к пассажирскому комплексу (здания, платформы, переходы) и к грузовому комплексу (локомотивное и вагонное хозяйство, сортировочные устройства, грузовые дворы), а также станционные устройства и путепроводы, а сами станции оснащены устройствами диспетчерской централизации (ДЦ), аппаратно-программным комплексом диспетчерского контроля (АПК ДК), автоматизированной системой коммерческого осмотра поездов и вагонов (АСКО ПВ) и другими, что в значительной мере упрощает работу персонала и планирование движения поездов [10 – 12, 59, 64 – 67]. Так, зарубежный опыт, описанный в источнике [106], показывает, что в Европе выбор маршрута следования производится с помощью теории вероятности и

наименьшего времени следования в зависимости от крупных железнодорожных узлов и их оснащения. Данный метод рассчитан только для грузовых маршрутов.

Российский научный опыт показывает, что современные системы имеют высокую конкурентоспособность и тиражируются с успехом за рубежом, что нельзя сказать о европейских железнодорожных системах в части организации движения поездов. Такими системами являются: система организации вагонопотоков (АСОВ), которая легла в основу НИЛ «Управление перевозочным процессом» Белорусской железной дороги, семейство цифровых продуктов для построения прогнозных графиков движения и расчёта показателей пропускной способности «Эльбрус», автоматизированная система контроля работы специального подвижного состава и другие. В части пассажирских перевозок за границей используется автоматизированная система управления пассажирскими перевозками АСУ «Экспресс-3» нового поколения [64, 132].

При этом необходимо отметить, что многие железнодорожные узлы требуют переустройства не только станций, но и модернизации путепроводов и энергетических систем. Железнодорожный и транспортный узел необходимо представить как систему массового обслуживания (СМО), которая имеет свои показатели [3]. Так к железнодорожному узлу необходимо применить свои измерители работы в абсолютных величинах [18, 48, 55].

Транспортная производительность (A) в границах узла определяется по формуле 1.1 [63]:

$$A = \frac{M \cdot L}{T}, \quad (1.1)$$

где M – транспортная масса (количество поездов, перемещаемых в узле), поездов;

L – путь, преодолеваемый поездами в железнодорожном узле, км;

T – время, затрачиваемое на преодоление пути в границах узла, час.

При этом линейная плотность потока (R) в границах железнодорожного узла определена по формуле 1.2 [63]:

$$R = \frac{M}{L}. \quad (1.2)$$

Важным аспектом при анализе работы железнодорожного узла является анализ поступающего поездопотока [6]. Так, на примере узла С. (включает далее одноимённую станцию С.) и с использованием данных системы ГИД-Урал ВНИИЖТ за 2023 г. определено, что 1742 состава имеют длину от 85 до 100 условных вагонов. Но также в основном потоке преобладают поезда длиной 71 условный вагон. При этом необходимо отметить, что по участку Б.-С. – С. следуют поезда повышенной массы до 7000 т. включительно, что требует уменьшение массы и, как следствие, перелом веса и длины.

В рамках данного диссертационного исследования выполнен анализ отправления грузовых поездов с сортировочных и участковых станций Московской железной дороги за три календарных года – с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г. с построением диаграмм, приведенных на рисунках 1.1 – 1.17. Объектами для исследования выбраны крупнейшие сортировочные и участковые станции – Б.-С., О.-З., Б.-Л., Р., Л.-С. и П. Анализ данных выполнен на основе информационно-аналитической системы АСОВ-АВП (подсистема автоматизации бизнес-процесса анализа информации о вагонопотоках) [14].

На рисунке 1.1 представлена диаграмма приёма грузовых поездов за период анализа, а на рисунке 1.2 – диаграмма отправления грузовых поездов за период анализа, в том числе транзитных. Наибольшее количество грузовых поездов было отправлено со станции Б.-С. – 71897 поездов, а принято на станцию О.-З. – 155217 поездов. Но так как исследование в данной диссертации посвящено длинносоставным поездам длиной более 85 условных вагонов, то выполнен дополнительный анализ по отправлению и приёму таких поездов на выбранные станции. Результаты представлены на рисунках 1.3 – 1.17 [14].

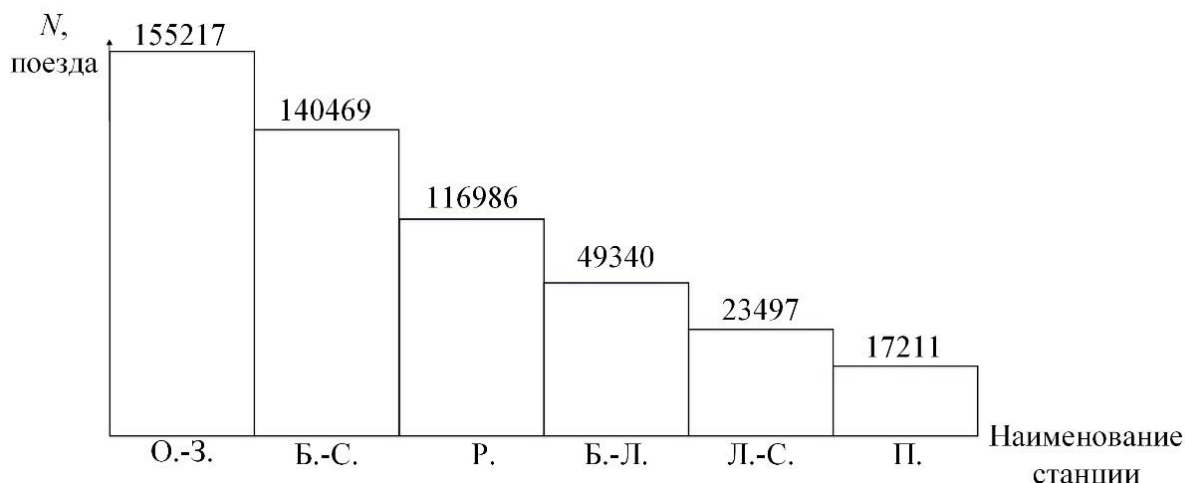


Рисунок 1.1 – Диаграмма приёма грузовых поездов на выбранные сортировочные станции в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

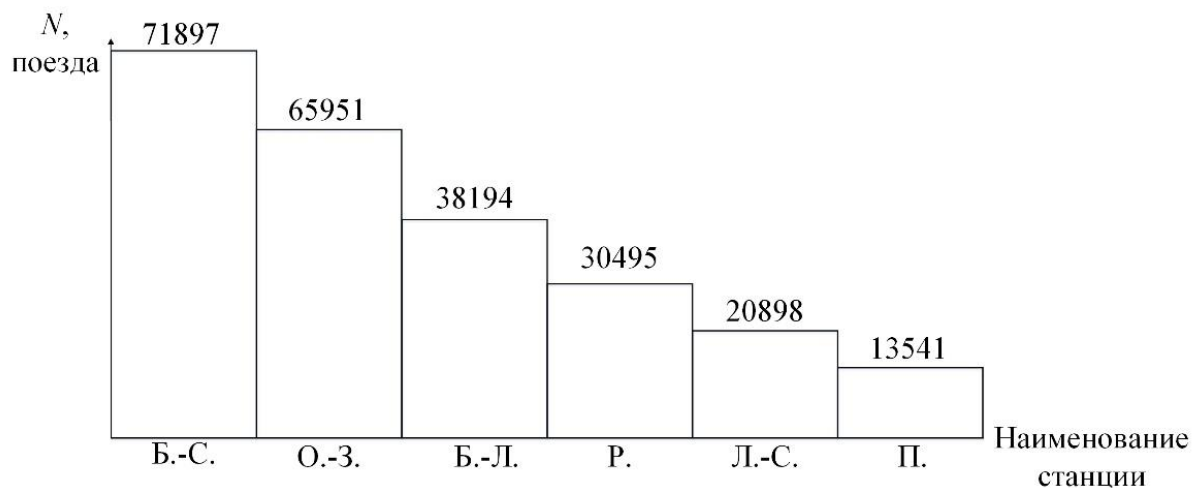


Рисунок 1.2 – Диаграмма отправления грузовых поездов с выбранных сортировочных станций в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

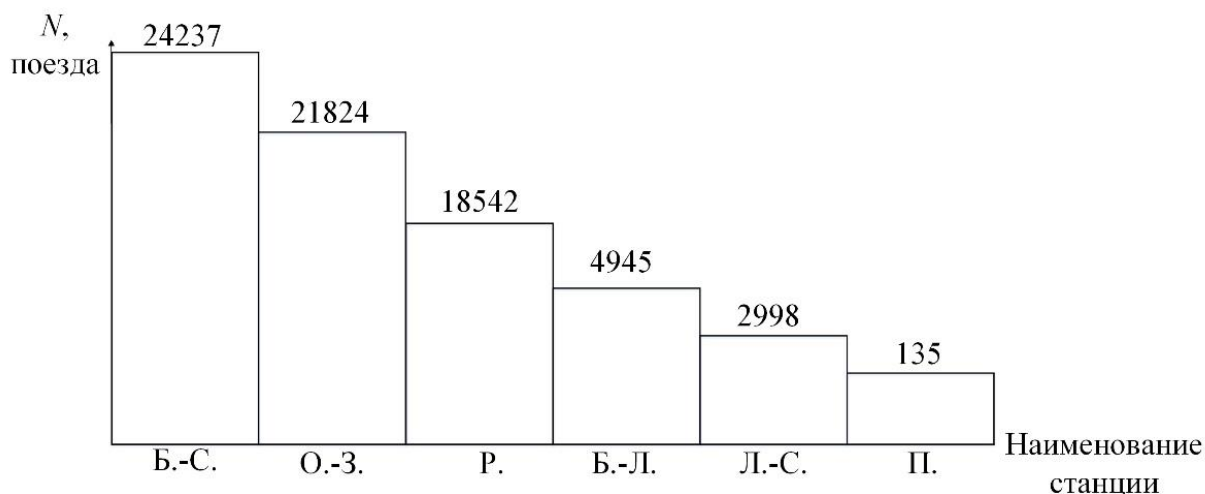


Рисунок 1.3 – Диаграмма приёма грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов на выбранные сортировочные станции в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

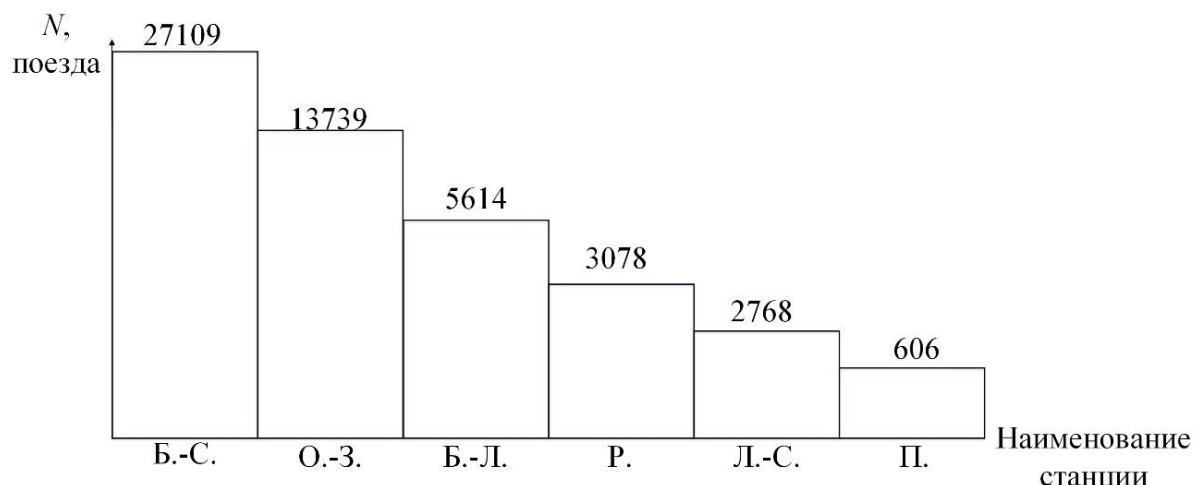


Рисунок 1.4 – Диаграмма отправления грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов с выбранных сортировочных станций в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

На основании анализа диаграммы, приведенной на рисунке 1.5, необходимо сделать вывод, что снижение объёма перевозок в 2022 г. из-за внешних факторов приводит к снижению количества поездов, принимаемых на станцию Б.-С., поэтому наименьшее число принимаемых поездов составило в период с 11.2022 по 11.2023 г. – 7432 поезда. Такая же динамика наблюдается и по станции Б.-Л.

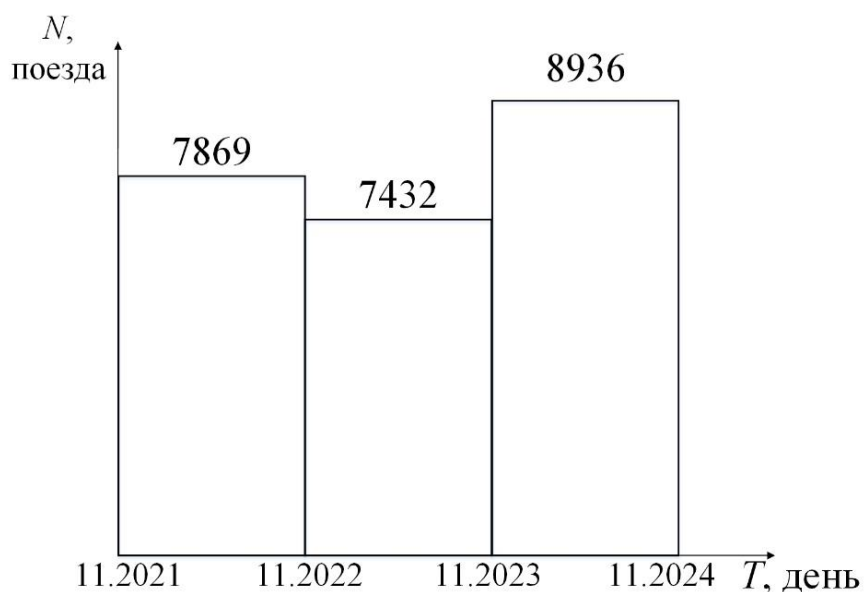


Рисунок 1.5 – Диаграмма приёма грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов на ст. Б.-С. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

За выбранный период анализа со станции Б.-С. было отправлено наибольшее количество поездов – 9380 поездов, затем поездопоток выбранной категории имеет тенденцию к уменьшению. На него также оказывают влияние транзитные контейнерные поезда, имеющие длину до 140 усл. вагонов и следующие в назначение станции Орша-Центр. (Белорусская ж.д.). Так, на примере станции Б.-С., в анализе данных о следовании длинносоставных грузовых поездов учитываются транзитные контейнерные поезда, имеющие длину до 140 усл. вагонов и следующие в назначение станции Орша-Центральная, Колядичи и Жодио (Белорусская ж.д.), а также транзитный вагонопоток назначением на ст. Гомель, Кричев-І (Белорусская ж.д.), Калининградскую, Латвийскую, Литовскую и Эстонскую железные дороги. По станции О.-З. пиком перевозок поездов данной категории определён период: 11.2022 – 11.2023 г., где было отправлено 4732 поезда. Результаты анализа представлены на рисунках 1.6 и 1.8.

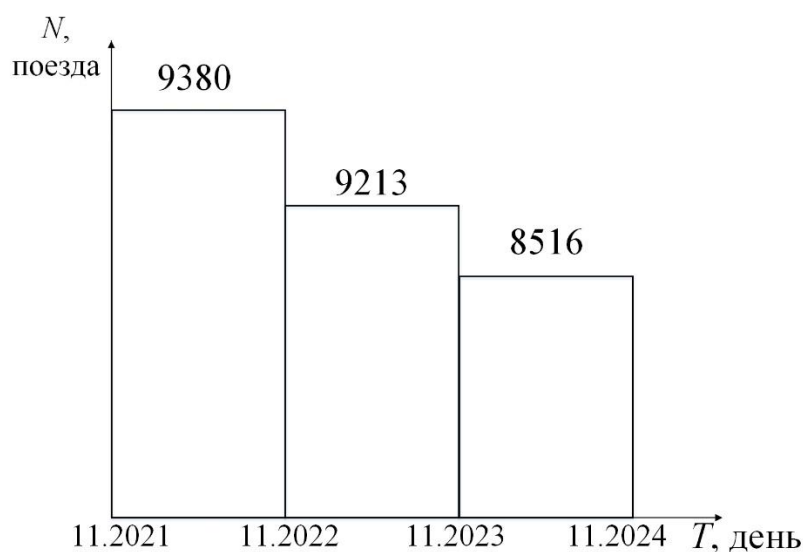


Рисунок 1.6 – Диаграмма отправления грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов со ст. Б.-С. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

Увеличение количества принимаемых длинносоставных поездов на ст. О.-З. за рассматриваемый период анализа определяет также рост поступающих электровозов в железнодорожный узел. Следовательно, уменьшается и количество поездов длиной 85 усл. вагонов, в том числе и длинносоставных, при достаточном количестве поездных локомотивов в узле уменьшается время простоя вагонов под

накоплением. Это связано с тем, что при подводе большего числа локомотивов вместе с поступающим поездопотоком в железнодорожный узел снижается потребность в формировании длинносоставных поездов (так как возможно отправление чаще более коротких составов без дополнительного ожидания их накопления).

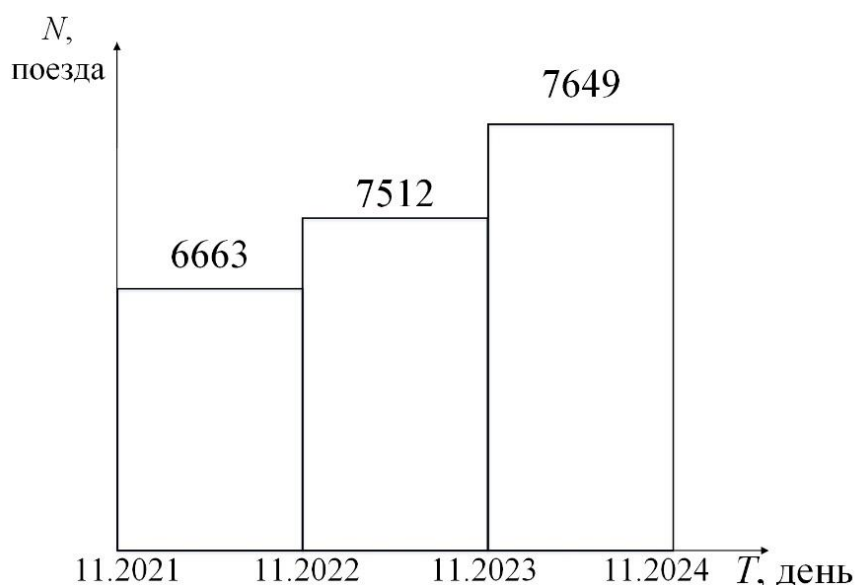


Рисунок 1.7 – Диаграмма приёма грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов на ст. О.-3. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

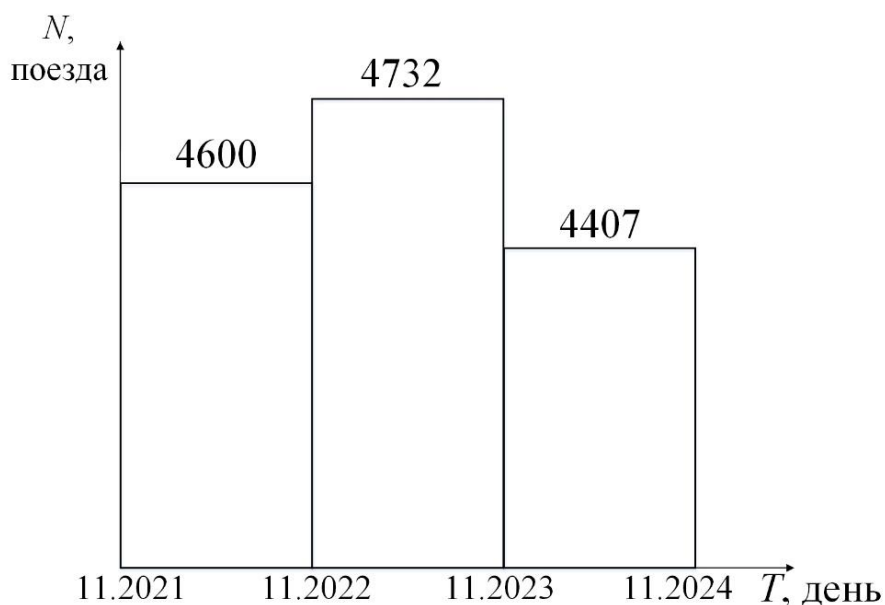


Рисунок 1.8 – Диаграмма отправления грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов со ст. О.-3. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

По станции Б.-Л. наибольшее количество поездов выбранной категории было отправлено в период с 11.2022 по 11.2023 г. – 2036 поездов, что в некоторой степени схоже с диаграммой по станции О.-З. Закрытие одной из двух сортировочных систем по станции Л.-С. оказало влияние на количество сформированных и отправленных грузовых поездов. Так, наименьшее количество поездов данной категории было отправлено в период с 11.2022 по 11.2023 г. – 854 поезда. Результаты анализа представлены на рисунках 1.10 и 1.12.

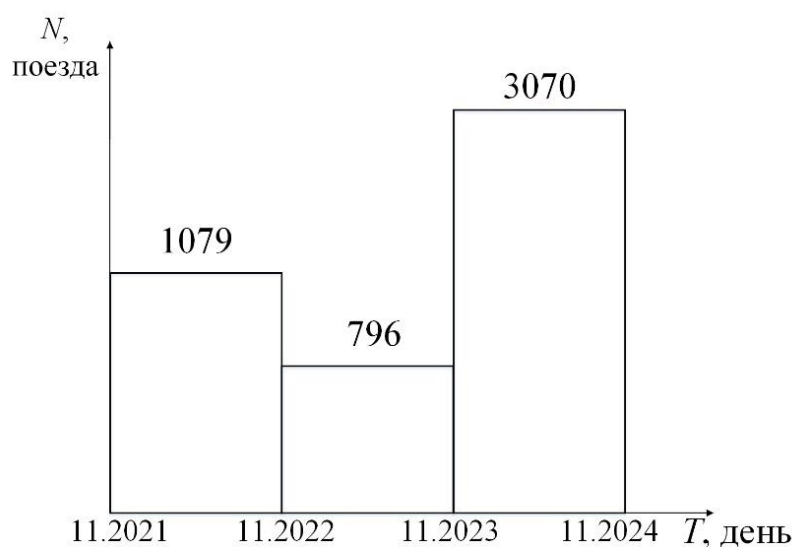


Рисунок 1.9 – Диаграмма приёма грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов на ст. Б.-Л. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

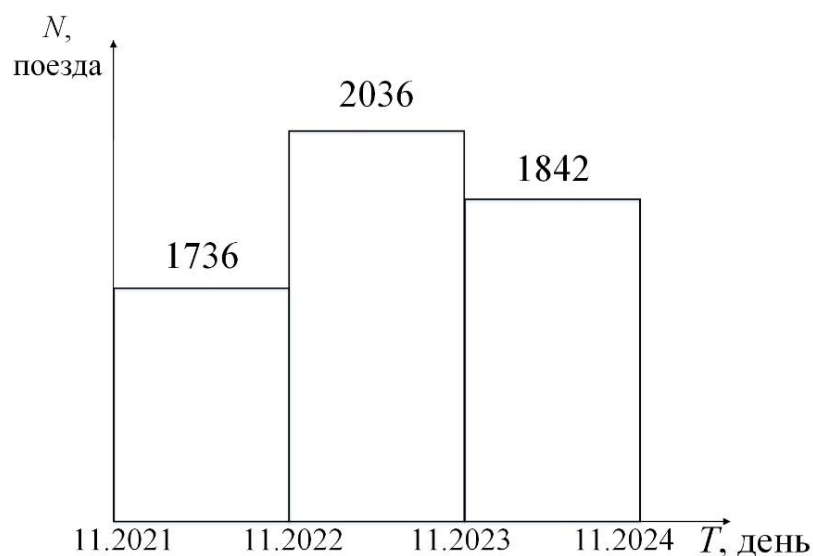


Рисунок 1.10 – Диаграмма отправления грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов со ст. Б.-Л. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

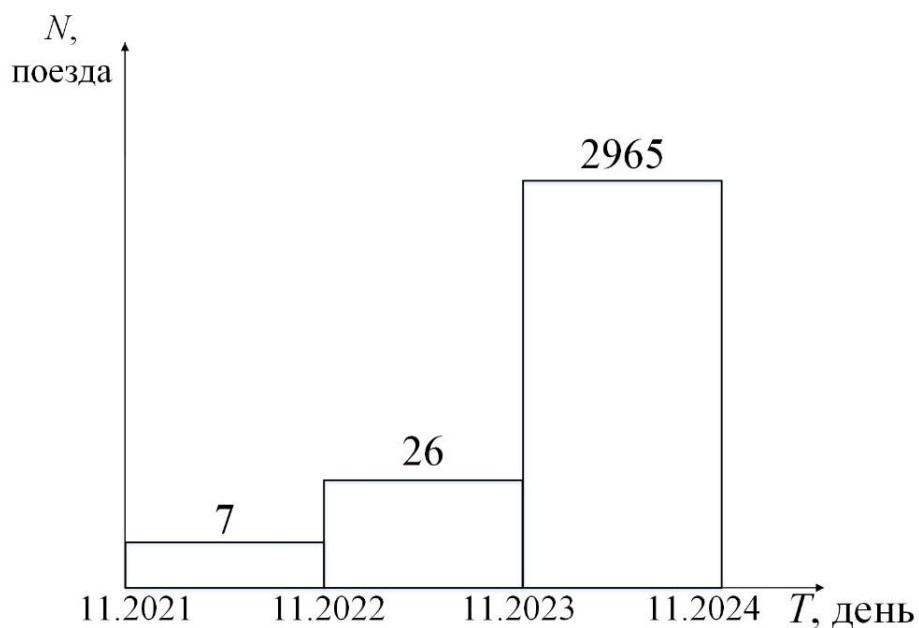


Рисунок 1.11 – Диаграмма приёма грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов на ст. Л.-С. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

Реконструкция соединительной ветви Л.-С. – У. оказало влияние на прием длинносоставных поездов в период с 11.2021 по 11.2023 г. Максимальное значение принятых длинносоставных поездов в рассматриваемый период составило 2965 поездов.

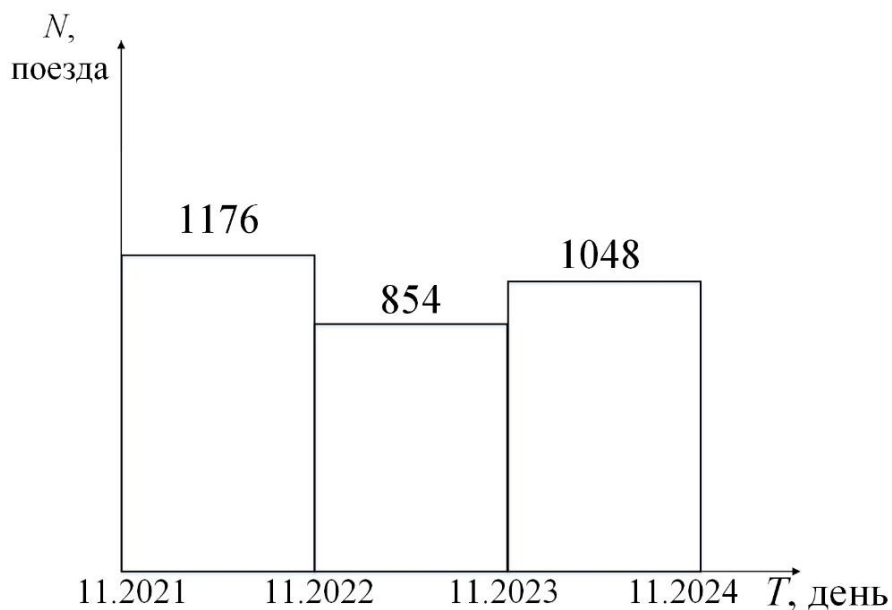


Рисунок 1.12 – Диаграмма отправления грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов со ст. Л.-С. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

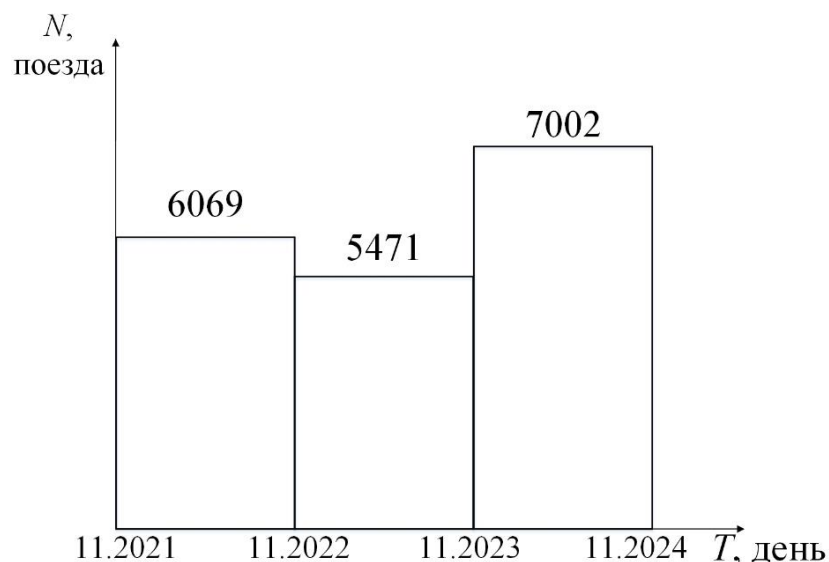


Рисунок 1.13 – Диаграмма приёма грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов на ст. Р. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

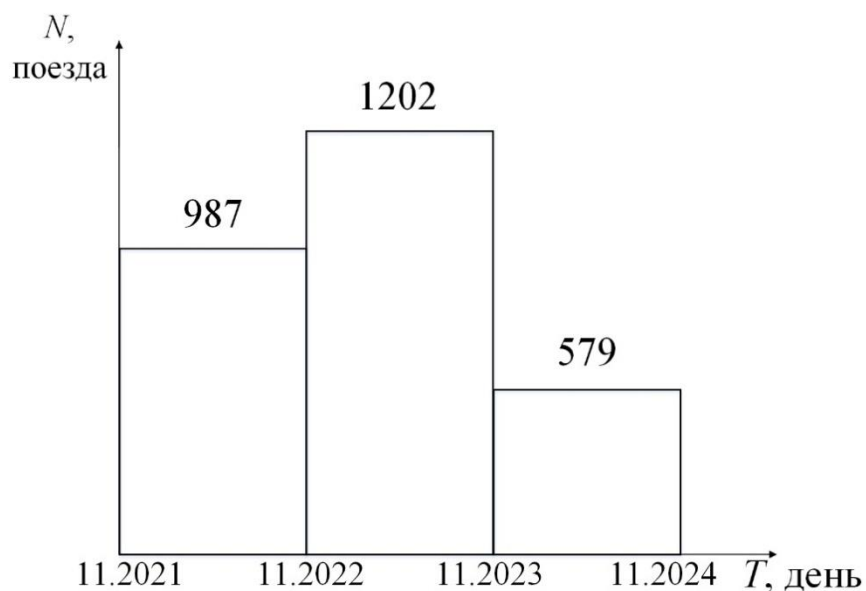


Рисунок 1.14 – Диаграмма отправления грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов со ст. Р. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

Отображение показателей по отправлению поездов данной категории выявило зависимость работы сортировочных станций друг от друга. Таким образом определена зависимость показателей двух сортировочных станций: О.-З. и Р. В указанный период времени данные станции имеют схожие диаграммы, но отличаются объёмами работы. На данные показатели также оказывают влияние транзитные вагонопотоки, следующие в направлении Северной и Октябрьской железных дорог, в том числе и порты. Исходя из анализа рисунка 1.14, необходимо

сделать вывод об уменьшении количества отправленных грузовых поездов выбранной категории в период с 11.2023 по 11.2024 г. – 579 поездов по ст. Р., что примерно в два раза меньше, чем за аналогичный период с 11.2022 по 11.2023 г.

Инфраструктурные ограничения ст. П. (наличие не электрифицированного хода С. – П. и др.) оказывают влияние на количество принимаемых и отправляемых длинносоставных поездов (наличие тепловозов, строгие нитки отправления длинносоставных поездов и другое). На основании анализа диаграмм, приведённых на рисунке 1.15, необходимо сделать вывод, что количество принимаемых длинносоставных поездов составило минимальное значение относительно других рассматриваемых станций. Наименьшее значение определено в период с 11.2021 по 11.2022 г. и составило 35 длинносоставных поездов.

Наименьший объём отправленных грузовых поездов выбранных категорий определён по станции П. – 606 поездов в сумме за выбранный период. Также необходимо отметить значительное уменьшение объёмов отправления поездов выбранных категорий за отчётный период с 11.2023 по 11.2024 г. – 54 поезда. Результаты анализа представлены на рисунке 1.16.

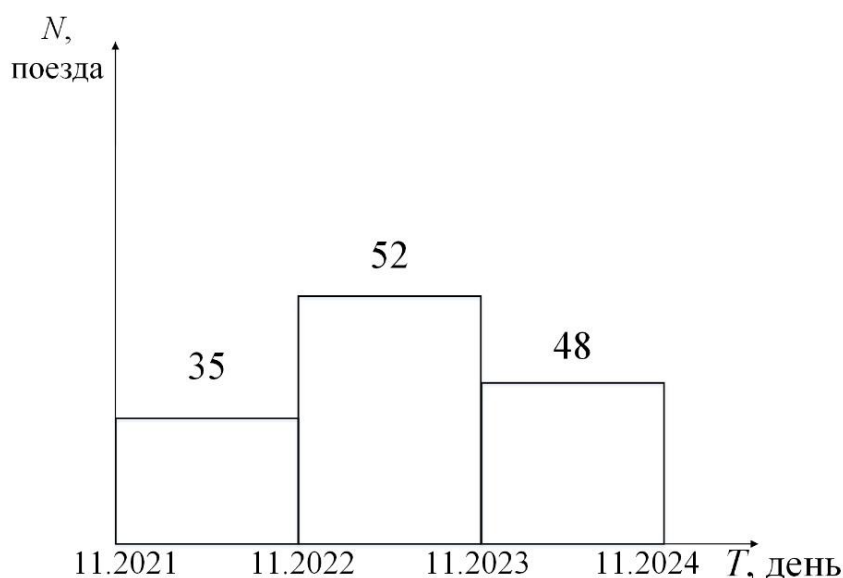


Рисунок 1.15 – Диаграмма приёма грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов на ст. П. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

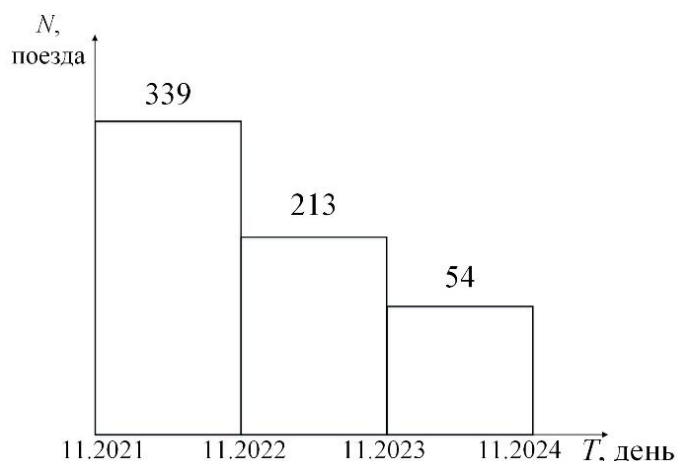


Рисунок 1.16 – Диаграмма отправления грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов со ст. П. в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

По итогам данного анализа выполнено построение диаграммы по выбранным станциям. Необходимо сделать вывод, что за период с 11.2021 по 11.2022 г. показатели примерно равны по количеству поездов данной категории. Уменьшение количества поездов по всем выбранным станциям, кроме Л.-С., в период с 11.2023 по 11.2024 г. привело к уменьшению отправления поездов данной категории до 16446 поездов, что меньше на 9,9%, чем в прошлом периоде анализа. Результаты исследования представлены на рисунке 1.17.

Данные о принятых и отправленных поездах на указанных станциях за выбранный период анализа представлены в таблице 1.1. Результаты анализа путей на рассматриваемых станциях представлены в таблице 1.2.

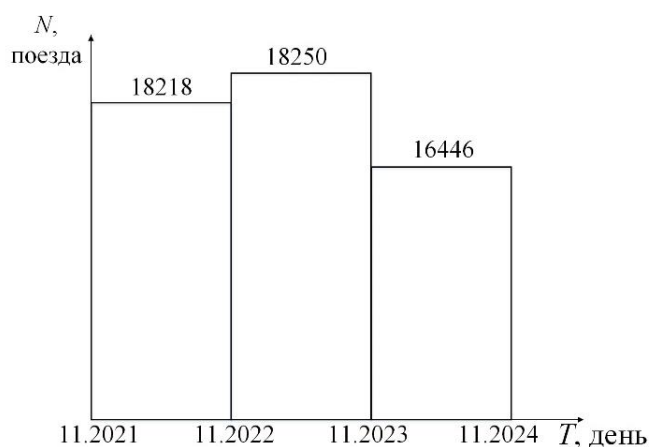


Рисунок 1.17 – Диаграмма отправления грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов с выбранных сортировочных станций в период с 1 ноября 2021 г. по 1 ноября 2024 г.

Таблица 1.1 – Данные о принятых и отправленных поездах на указанных станциях

Наименование станции	Количество принятых поездов	Количество отправленных поездов	Количество принятых длинносоставных поездов и процент от общего количества поездов		Количество отправленных длинносоставных поездов и процент от общего количества поездов	
Б.-С.	140469	71897	24237	17,2%	27109	37,7%
О.-З.	155217	65951	21824	14,1%	13739	20,8%
Р.	116986	30495	18542	15,9%	2768	9,1%
Б.-Л.	49340	38194	4945	10,0%	5614	14,7%
Л.-С.	23497	20898	2998	12,8%	3078	14,7%
П.	17211	13541	135	0,8%	606	4,5%

Таблица 1.2 – Анализ путей на рассматриваемых станциях

Наименование станции	Наименование парков	Количество путей в парке	Количество путей в парке вместимостью более 85 усл. вагонов	Процент от общего количества путей вместимостью более 85 усл. вагонов на станции
Б.-С.	А	12	5	26,2%
	Б	4	0	
	В	29	22	
	М	4	0	
	С	54	0	
О.-З.	А	17	6	14,4%
	В	20	4	
	Т	8	6	
	П	11	1	
	С	46	0	
	Г	16	0	
	Е	17	3	
Р.	Д	9	4	21,9%
	В	22	1	
	А	19	3	
	Б	20	3	
	Г	21	9	

Продолжение таблицы 1.2				
Б.-Л.	Св	24	4	7,6%
	Б	8	0	
	В	42	0	
	Д	21	2	
	Е	7	5	
	З	9	0	
	С	33	0	
Л.-С.	А	13	0	4,7%
	Б	20	1	
	В	9	0	
	Г	17	3	
	Д	26	0	
П.	ТП	3	0	16%
	СП	14	1	
	ОП	3	2	
	ПП	5	1	

На основании таблицы 1.1 необходимо сделать вывод, что наибольшая доля принятых и отправленных поездов длиной более 85 условных вагонов выявлена по станции Б.-С. и имеет значение 17,2 % и 37,7% соответственно. По всем основным сортировочным станциям, кроме станции О.-З. и Р., количество принятых длинносоставных поездов менее числа отправленных поездов данной категории [14].

Далее выполним анализ доли путей для приема, формирования и отправления длинносоставных поездов от общего количества путей по каждой из рассматриваемых станций. Наибольшую долю, в соответствии с таблицей 1.2, имеет станция Б.-С. – 26,2%, а наибольшее количество путей расположено в приёмо-отправочном парке В. Это самый большой показатель по наличию таких путей в парках рассматриваемых сортировочных станций. Наименьшую долю путей имеет станция Л.-С. – 4,7% от общего количества путей. Станция П. имеет такое же количество путей – 4 пути для приема поездов данной категории, но из-за меньшего общего количества путей на станции, по сравнению со станцией Л.-С., их доля составила 16%.

1.1.2 Зарубежный опыт организации работы железнодорожных узлов и пропуска поездов повышенной массы и длины

Наличие множества различных железнодорожных компаний-владельцев инфраструктуры и подвижного состава США, Европы и других стран приводит к развитию конкуренции в сфере железнодорожного транспорта [95]. Это приводит к строительству крупных частных терминалов и железнодорожных узлов. Так в США крупными узлами являются Энгливуд Ярд (Хьюстон) и Дэвидсон Ярд (Даллас), портовый узел Лонг-Бич (Калифорния). Не менее важной «кровеносной системой» Европы является железнодорожный транспорт, где лидерами перевозок стала транспортная компания DB Cargo [105].

В таблице 1.3 приведена информация о полезных длинах путей на крупных железнодорожных станциях других стран. Из сравнительного анализа видно, что на железных дорогах Канады и США фигурируют длинносоставные поезда и данные железнодорожные инфраструктуры позволяют осуществлять прием и пропуск поездов таких категорий [107,137].

Стеснённые условия крупной городской застройки, рельеф местности и географические особенности Британских островов и Новой Зеландии создали дополнительные инфраструктурные ограничения для железнодорожной сети, а именно строительство коротких станционных путей в отличие от других железных дорог – не более 500 метров (Великобритания) и 650 метров (Новая Зеландия) [105, 107].

В Европе существует унифицированная длина приёмо-отправочного пути – до 950 м. При этом есть два крупнейших железнодорожных узла: Машен (Германия) и Пасила (Финляндия). Из сравнительного анализа и таблицы 1.3, необходимо сделать вывод, что в связи с большими грузопотоками, развитым промышленным производством, большими расстояниями и развитой масштабной сетью железных дорог в США, Канаде, Китае, ЮАР и Австралии станции формируют длинносоставные и тяжеловесные поезда, владельцы модернизируют инфраструктуру для их приема и безостановочного пропуска [107, 137].

Таблица 1.3 – Сводная таблица характеристик грузовых поездов на железных дорогах других стран мира

Страна	Максимальная длина грузовых поездов, м.	Масса поезда, т.	Нагрузка на ось, т./ось*
ФРГ	740-835	4000	22,5
Дания	835	2500	22,5
Швеция	630-880	4000	22,5 или 25
Норвегия	580-850	3950	22,5
Австралия**	до 7000**	38400	При 6- осных вагонах <24 При 4- осных вагонах >36
Канада и США**	до 2500**	17000	При 6- осных вагонах <16 При 4- осных вагонах >25
Бразилия**	3000**	43000	При 6- осных вагонах <10 При 4- осных вагонах >26
ЮАР**	4000**	22500	При 6- осных вагонах <17 При 4- осных вагонах >15
Китай**	3000-4000**	30000	При 6- осных вагонах <15 При 4- осных вагонах >23

Примечание к таблице 1.3: расчет в нагрузке т/ось выполнен для четырёхосных вагонов, дополнительный расчёт для других типов вагонов выполнен в том же столбце (*); в указанных странах курсируют угольные, рудные и другие маршрутные назначения (**).

Одним из самых грузонапряженных железнодорожных участков Европы является Эресуннский коридор между Даней и Швецией. Данный немецко-скандинавский грузовой коридор связывает три страны – Данию, Германию и Швецию. Основным фактором развития железных дорог в Европе является

стратегия Европейской комиссии, в которой приводится увеличение доли железнодорожного транспорта к 2050 г. до 5% и снижение доли перевозок автомобильным транспортом грузонапряженностью до 300 км. [106]. Основными грузами, перевозимыми железнодорожным транспортом Европы, являются интермодальные, бумажные грузы, детали и готовые автомобили. Одним из масштабных и крупных портов Европы, а также большим железнодорожным узлом является Гамбург. Здесь сходятся крупные потоки центральной, восточной и западной Европы.

Основными ограничениями для Европейских железных дорог являются [106]:

- полезно-поперечное сечение вагона (варианты габаритов грузовых вагонов), ограниченное нормативными документами «Минимальные стандарты, требуемые техническими спецификациями Европейской комиссии (ICI)»;

- длина поезда;
- нагрузка на ось;
- масса поезда;
- производительность торможения.

Исследуя железную дорогу Европы по основным грузонапряженным направлениям, необходимо сделать вывод, что для пропуска длинносоставных поездов железные дороги требуют масштабного переустройства. Это усложняется наличием большого количества частных железнодорожных компаний и сложностями в достижении договорённостей между ними.

Серьезными ограничениями для зарубежных железных дорог являются естественные ограничения – сложные горные условия Швейцарии, Дании, жаркие и песчаные местности Австралии, Африки и другие особенности. На европейских железных дорогах масса поезда зависит от площади поперечного сечения вагона, и, как следствие, его нагрузки на ось. Её измеряют специальные датчики, имеющие конкретные допуски и зазоры [107, 108].

Также на ограничения по длине поездов на европейских железных дорогах влияет режим торможения поездов в зависимости от климата и уклонов. Например,

в Швейцарии длина поезда составляет 730 м. при режиме торможения Р и 880 м. при режиме торможения G. Также большое значение имеет нагрузка на ось. Для европейских железных дорог она составляет, например, 22,5 т./ось в Германии, а на железных дорогах северной Америки и Австралии – 32,4 – 40 т./ось, что создает необходимость дополнительного совершенствования подвижного состава [106].

Для сравнения на железных дорогах России благодаря наличию инновационных вагонов нагрузка на ось уже увеличилась с 23,5 до 25 т. При наличии инфраструктурных ограничений Европейские железные дороги имеют преимущество в скорости грузовых поездов. Так, например, на грузовой линии в Швейцарии допускается скорость следования грузовых поездов до 140 километров в час и рассматривается повышение скорости в грузовом движении до 160 километров в час [106].

Отечественные железные дороги превосходят западных конкурентов по нескольким параметрам: с 2024 г. на Южно-Уральской железной дороге было сформировано до 200 соединённых грузовых поездов, длина которых формируется от 120 до 190 вагонов и вес превышает 10 000 – 12 000 т. [136].

Основные факты о достижениях Европейских железных дорог:

1. На Европейских железных дорогах предлагается введение двух методов анализа железнодорожной системы по товарам высокой и низкой плотности, которые влияют на поперечное сечение вагона.

2. В связи с вводом новых рельсовых скреплений PC450 верхнего строения пути длина поезда возрастёт до 1050 м.

3. Новые достижения, которые будут применяться на железных дорогах Европы – это непрерывная европейская система управления поездом (ETCS), что позволяет при оснащении вагонов тормозами SS-типа проводить оценку скорости поездов по отношению к производительности торможения. При этом тормоза SS-типа применяются при более высоких скоростях движения, чем тормоза S-типа в грузовом движении [106].

4. Введение нового международного стандарта технической спецификации для совместимости (TSI) позволит модернизировать железнодорожную линию

смешанного движения до скорости 200 километров в час для пассажирского и грузового движения [106].

1.2 Обзор теоретических исследований в области организации движения длинносоставных поездов на отечественных железных дорогах

Отечественная наука внесла большой вклад в теорию формирования и организации движения длинносоставных поездов на железнодорожных направлениях. Организация движения грузовых поездов данной категории увеличивает пропускную и провозную способность участка, но требует удлинения приёмо-отправочных путей, переустройства станций и усиления технических средств. Большое количество выдающихся отечественных учёных занималось изучением данной проблемы. Вариантам её решения посвящено множество научных работ, методик и диссертационных исследований.

Основоположниками направлений развития пропускной и провозной способности железных дорог являются д.т.н., профессор Макарович А. М., д.т.н., профессор Дьяков Ю. В., д.т.н., профессор Кочнев Ф. П. Диссертационное исследование д.т.н., профессора Дьякова Ю. В. [90] посвящено изучению повышения пропускной способности линий. В своей научной работе он применил аналитический метод на основе Марковской модели, что наглядно отображает влияние несинхронного движения грузовых поездов на пропускную способность железнодорожных линий. Д.т.н., профессором Макаровичным А. М. разработана теория оптимизации и этапного развития пропускной способности линий [91]. Им в научных работах обоснована теория обращения длинносоставных и соединённых поездов. Макарович А. М. является автором более 130 научных работ, в том числе по оптимизации поездопотоков в железнодорожных узлах. В своих научных трудах и исследованиях он применял метод динамического программирования. В работах [90, 91] выдающихся учёных Макаровича А. М. и Дьякова Ю. В. для увеличения пропускной и провозной способности линии, увеличения массы и длины поездов выполнялось объединение длинносоставных и тяжеловесных поездов в так

называемые «блок-поезда», состоящие из транзитного и перерабатываемого вагонопотока. Для объединения, разъединения и переработки таких поездов создавались «станции-трансформаторы» поездопотока. Данный передовой метод позволил осуществить пропуск длинносоставных и тяжеловесных поездов без привлечения дополнительных затрат на переустройство станции и удлинения приёмо-отправочных путей. Недостатками данного метода являлись дополнительные затраты времени на объединение и разъединение данных поездов, описание данной технологии, ограничение по весовым нормам в зависимости от профиля участка.

Выдающийся отечественный учёный д.т.н., профессор Шульженко П. А. в своих научных трудах и исследованиях одним из первых представил методику экономического обоснования основных решений организации сдвоенных и длинносоставных поездов на железнодорожных направлениях. Также он одним из первых применил электронно-вычислительные машины в организации эксплуатационной работы на железнодорожном транспорте [71]. В «Методике технико-экономических расчётов при усилении линии для пропуска сдвоенных поездов» [71] д.т.н., профессор Шульженко П. А. представил варианты, примеры расчётов и экономического обоснования, организации и алгоритмизации пропуска сдвоенных поездов с помощью ЭВМ. Применение данного метода позволило выполнить расчёт вариантов организации движения длинносоставных поездов на различных участках сети. Недостатком методики являлся большой объём вводных данных, дополнительные затраты времени на расчёт вариантов и вывод полученной информации, а также затраты на приобретение и настройку ЭВМ.

Большой вклад в исследование организации работы железнодорожных узлов внёс д.т.н., профессор Апатцев В. И. В своей докторской диссертации [15] он выполнил разработку методов совершенствования управления железнодорожными узлами, как большими многофункциональными системами. В своем исследовании автор применил структурно-функциональную модель логистического управления объектами железнодорожных узлов и выполнил разработку методики реструктуризации железнодорожных узлов. Данный метод исследования основан

на системном и критическом анализе, логистическом подходе к организации движения грузовых поездов в железнодорожном узле с использованием Марковской модели и матрицы переходов. Преимущества использования данного метода заключаются в эффективности решения комплекса эксплуатационных и транспортных задач в железнодорожном узле.

В научной работе выдающихся отечественных учёных д.т.н., профессора Бородин А. Ф. и д.т.н., профессора Батурина А. П. изложены современные и передовые методы организации вагонопотоков в поезда на железнодорожном транспорте, технологии управления движением грузовых поездов по расписанию [69].

Для определения коэффициента использования длины станционных приёмо-отправочных путей определим максимально возможный средневзвешенный вес поезда при условии, что все поезда формируются по длине станционных приёмо-отправочных путей [69]:

$$Q_{\text{ор}}^* = p^* \cdot (l_{\text{ст}} - a), \quad (1.3)$$

где p^* – среднее значение поезда погонной нагрузки, т./м.;

$l_{\text{ст}}$ – стандарт длины станционных приёмо-отправочных путей, м.;

a – длина локомотива с учетом неточности установки состава в границах полезной длины приёмо-отправочных путей, м.

Минимально возможные размеры движения на участке при условии формирования всех поездов полносоставными [69]:

$$n_{\min} = \frac{A}{Q_{\text{сп}}^{\max}} = \frac{(l_{\text{ст}} - a) \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot p_i}{p^* \cdot (l_{\text{ст}} - a)} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot p_i}{p^*}, \quad (1.4)$$

где A – перевозочная работа, т. брутто;

m_i – количество отсчетов, попавших в i -й разряд гистограммы;

p_i – среднее значение поездной нагрузки в i -м разряде.

Коэффициент использования длины станционных приёмо-отправочных путей [69]:

$$\alpha_T = \frac{l_{\Pi}^*}{(l_{\text{ст}} - a)}, \quad (1.5)$$

где l_{Π}^* – средняя длина всех поездов, м.

Отечественный учёный, к.т.н. Хан В. В. в своем диссертационном исследовании [30] сформировал системную классификацию железнодорожных узлов и программный комплекс их оценки, а также разработал критерии оценки транспортной работы узла. Автор применил математическую модель оценки узловых структур на основе динамического коэффициента балльного рейтинга. Для эффективного сравнения узлов и формулирования данной классификации он применил теорию принятия решений. Её использование в новом научном подходе позволило выполнить и описать качественные сравнения узловых структур. С учётом стремительного геополитического изменения направления поездопотоков, развития и реконструкции железнодорожных узлов применение данного метода требует сбор и систематизацию большого объёма данных и, как следствие, выполнения корректировки существующей классификации.

В своем диссертационном исследовании [112] к.т.н. Фуфачева М. В. проанализировала результаты теоретических исследований и практический опыт работы железных дорог по пропуску длинносоставных грузовых поездов и разработала методику оценки мероприятий реконструкции промежуточных станций для пропуска длинносоставных поездов по участку на основе компромисса Парето. Необходимо отметить универсальность метода в части этапности реконструкции промежуточных станций для пропуска, в том числе, длинносоставных поездов. Но в реальной практике выполнение реконструкции участков станции может быть ограничено естественными и искусственными

условиями, что создает дополнительные трудности и вносит корректировки в разработанный план реконструкции станций.

Важнейший вклад в развитие имитационного моделирования работы железнодорожного транспорта внесли отечественные учёные: д.т.н., профессор Козлов П. А., д.т.н., профессор Осокин О. В., д.т.н., профессор Тушин Н. А. и другие. Применение имитационной программы под названием «ИМЕТРА» нашло отражение во многих научных трудах и диссертациях. В ней проводится моделирование работы станций, участков и даже направлений железнодорожных линий, в том числе с построением графика исполненной работы и других параметров [42, 50]. Так, работе железнодорожного узла и прилегающих участков с применением имитационного моделирования посвящена диссертация [37] к.т.н. Уланова А. А., им создана имитационная модель железнодорожного узла и организации местной работы по прилегающим направлениям. В докторской диссертации [61] д.т.н., профессора Алибекова Б. И. разработаны имитационные модели работы транспортного узла, основанные на комплексном подходе к моделированию. На этой основе сформулированы нелинейные динамические модели сетевого планирования. В данной докторской диссертации были применены численные методы, теория алгоритмизации и программирования, теории вероятности и математической статистики. Д.т.н. Александров А. Э. в своей докторской диссертации [62] применил подход к построению теоретической модели транспортной системы, которая создает основу для конкретного метода моделирования. Д.т.н. Колокольников В. С. в своей докторской диссертации [76] применил метод имитационного моделирования к большим полигонам железных дорог с использованием системы ИМЕТРА. В данной научной работе применялись теории случайных процессов, множеств и другие. Разработанные авторами математические модели универсальны и имеют высокую практическую значимость для решения множества транспортных и эксплуатационных задач. Недостатками компьютерного и математического моделирования считаются ограничения по распространению и применению моделей, их лицензирование и сертификацию программного обеспечения.

Изменение и усовершенствование тяговых ресурсов, повышение надёжности локомотивов, модернизация подвижного состава и увеличение гарантийных плеч обслуживания создают благоприятные условия для развития длинносоставного движения и увеличения длин плеч обслуживания локомотивными бригадами. Но при этом необходимо также проводить поэтапное развитие инфраструктуры станции и узлов. Увеличение размеров движения длинносоставных поездов, ошибки диспетчерского персонала и наличие инфраструктурных ограничений приводят к отставлению от движения грузовых поездов на промежуточных станциях маршрута их следования с нарушением сроков доставки и уменьшения маршрутной скорости контейнерных поездов. В диссертационном исследовании [101] к.т.н. Мехедова М. И. приводится методика по выявлению «узких мест» для грузонапряженных полигонов железнодорожной сети. Комплексный анализ изменений участковой скорости на грузонапряженных участках Забайкальской железной дороги и определение зависимости основных качественных и количественных показателей работы железнодорожной линии имеют высокую практическую значимость с возможностью масштабирования разработанной методики на другие участки железнодорожной сети нашей страны.

Одним из важных этапов увеличения и развития грузового движения является повышение пропускной и провозной способности линии. Диссертация [57] д. т. н. Бушуева С. В. посвящена созданию обобщённой модели провозной способности линии, направленной на приращение данных характеристик при заданном состоянии развития инфраструктуры. Создание данной модели и применение её в дополнение со способом создания базы данных «Работы участка железной дороги» позволят выполнить исследование пропускной способности участка. Преимуществом развития данного направления исследования является высокая практическая значимость и потенциал применения машинного обучения для развития движения поездов на сети железных дорог России.

Также в данной диссертации [57] рассматривается одно из значимых и перспективных направлений повышения пропускной и провозной способности

железнодорожной линии – алгоритм фиксированной дистанции (ВСЦ – виртуальная сцепка).

Значимыми преимуществами данной виртуальной сцепки являются:

- повышение пропускной и провозной способности линии;
- алгоритм межпоездного интервала возможно использовать при разработке нормативного графика движения поездов;
- перспективы изменения расстояния между поездами;
- перспективы усовершенствования данного алгоритма и создание новых информационных систем на его основе.

Но также присутствуют и недостатки виртуальной сцепки:

- недостаток запаса тяги локомотивами и усложнённая система торможения;
- определение точного расстояния для безопасного служебного торможения;
- воздействие внешних факторов и местных условий на расчёты;
- создание дополнительного алгоритма межпоездного интервала;
- специализация путей станции для отправления поездов по данной технологии;
- строительство радиоблокцентров и возможное нарушение связи ВСЦ;
- привлечение дополнительных денежных средств для развития данного направления, подготовка устройств СЦБ для применения ВСЦ.

Выдающиеся советские учёные и инженеры железнодорожного транспорта выполняли научные исследования и эксперименты, расчёты по увеличению пропускной способности, в том числе с применением длинносоставных поездов. Так передовой опыт Московской железной дороги по пропуску тяжеловесного и длинносоставного движения был описан в 1983 году в трудах Паристого И. Л. и Черепашенца Р. Г. [103]. Научно-исследовательским институтом ВНИИЖТ в 1984 году по результатам успешно проведенного эксперимента осуществлена разработка и внедрение систем устойчивого пропуска тяжеловесного, длинносоставного движения и соединённых поездов на направлениях Гудермес – Астрахань – Орск, Волгоград – Магат – Чарджоу, Экибастуз – Тобол – Карталы, Туркестан – Арысь – Бухара, Омск – Новосибирск – Красноярск и Магат – Чарджоу

– Кандагач [86]. Одним из важнейших выводов и результатов проведённого исследования является изменение межпоездного интервала для пропуска блок-поездов для повышения пропускной способности участков. Но необходимо отметить, что в случае изменения внешних факторов, оказывающих влияние на перевозочный процесс или изменение схемы описанных блок-поездов, описанная технология не будет выполняться в полной мере и требуется её изменение.

1.3 Постановка задачи исследования

Основой для полного и глубокого исследования, формирования основных задач является анализ исходных данных. Требуется определить основные пути и способы снижения времени стоянки поездов и варианты пропуска длинносоставных поездов. Большое количество выполненных ранее исследований [3, 4, 19, 77, 114] показало, что множество станций, помимо крупных железнодорожных узлов, имеют ряд ограничений для пропуска длинносоставных поездов. Поэтому важным фактором оценки будет являться снижение расходов за счет повышения участковой скорости поездов [127].

В обобщенном виде сокращение поездо-часов грузовых поездов в пути следования определяется по формуле 1.6 [127]:

$$\Delta Nt = 365 \cdot N_{\text{гр}} \cdot 2 \cdot L \cdot \left(\frac{1}{V_{\text{уч1}}} - \frac{1}{V_{\text{уч2}}} \right), \quad (1.6)$$

где $N_{\text{гр}}$ – количество пар грузовых поездов на участке в сутки;

L – длина участка, км.;

$V_{\text{уч1}}$ и $V_{\text{уч2}}$ – участковая скорость до внедрения и после внедрения мероприятий, км/час.

Эксплуатационные расходы, связанные с простоем поездов на промежуточных станциях, определяются по формуле 1.7 [127]:

$$C_{Nt} = E_{Nt} \cdot \Delta Nt, \quad (1.7)$$

где E_{Nt} – укрупненная расходная ставка на один поезд-час простоя, руб.

Снижение расходов за счет сокращения стоянок является основанием для улучшения технологии безостановочного пропуска длинносоставных поездов по участку между двумя железнодорожными узлами.

В соответствии с темой данного диссертационного исследования, необходимо:

1) Установить влияние инфраструктурных ограничений на варианты пропуска длинносоставных поездов в железнодорожном узле. Необходимо оценить наличие существующих ограничений и узких мест. Выполнить комплексный анализ поездопотока между крупными железнодорожными узлами, а именно: средний интервал между длинносоставными поездами, отправляемыми с сортировочной станции, средний интервал прибытия в соседний железнодорожный узел, количественное определение случаев невыдержки времени хода поездов по участку за календарный год. Все эти параметры будут зависеть не только от инфраструктурных ограничений, но и от сезонности и поступающих поездопотоков с других направлений.

2) Выполнить моделирование железнодорожного узла и серию имитационных экспериментов его работы. Определить наилучший вариант работы данного узла в условиях неравномерного подвода поездов.

3) Разработать технологию взаимодействия двух железнодорожных узлов для точного пропуска поездов по участку. Определить рациональный интервал отправления и прибытия грузовых поездов в железнодорожный узел, имеющий инфраструктурные ограничения.

4) Выполнить исследования экономического обоснования предложенной технологии. По итогам расчётов сформулировать предложения по выбранной технологии пропуска длинносоставных поездов по участку.

Структура диссертационного исследования представлена на рисунке 1.18.

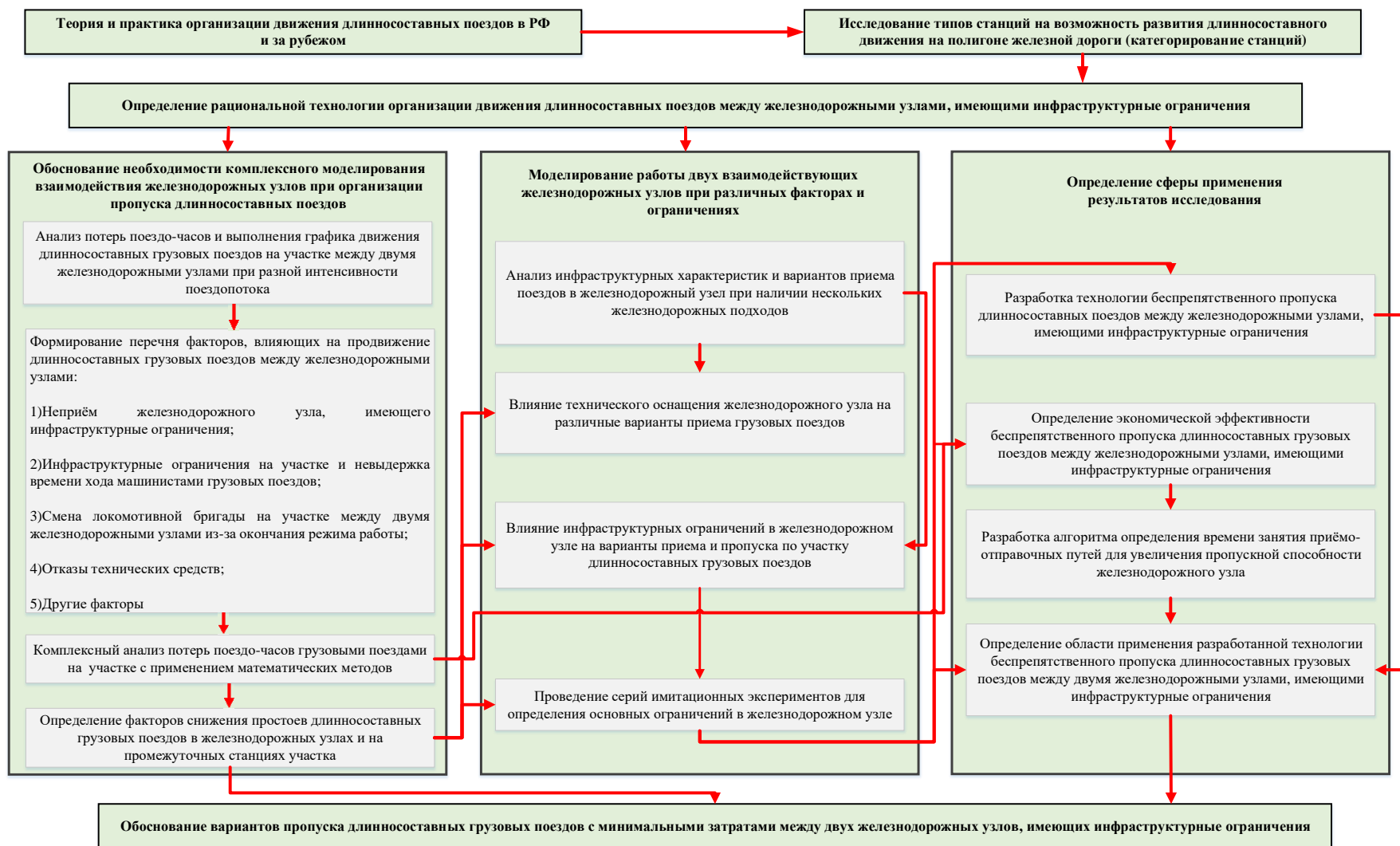


Рисунок 1.18 – Структурная схема диссертационного исследования

1.4 Выводы по первой главе

1. Анализ отправления грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов с основных сортировочных станций Московской железной дороги за три календарных года, с 11.2021 г. по 11.2024 г., выявил зависимость работы сортировочных станций друг от друга на примере станций Р. и О.-З. в период с 11.2023 г. по 11.2024 г. Эта зависимость возникает в том числе из-за изменения плана формирования поездов, наличия транзитного вагонопотока. Наибольшее количество грузовых поездов длиной более 85 усл. вагонов было отправлено со ст. Б.-С. – 27109 поездов. На основании анализа данных необходимо сделать вывод, что процент длинносоставных поездов, принимаемых на рассматриваемые станции, находится в диапазоне от 10% до 20%. По ст. Б.-С. и О.-З. количество отправляемых длинносоставных поездов превышает 20%. Одним из факторов, оказывающих влияние на данный показатель, является необходимость снижения рабочего парка станции и освобождение путей для приёма последующих поездов. Наибольшую долю путей вместимостью более 85 усл. вагонов имеет ст. Б.-С., а наименьшую – ст. Л.-С. – 4,7%. Также необходимо выполнить сравнение количества принимаемых поездов длиной более 85 условных вагонов и определить долю путей для приема поездов данной категории от общего количества путей по каждой из рассматриваемых сортировочных станций. По крупным сортировочным станциям, таким как Б.-С., О.-З. и Р. доля принимаемых поездов длиной более 85 усл. вагонов меньше доли путей для приема поездов данной категории. Это позволяет осуществить беспрепятственный прием таких поездов на станцию. Но по станции Б.-Л. данный показатель приёма поездов составляет 10% от общего числа поездов, что меньше доли путей для приема поездов длиной более 85 усл. вагона (7,6%). В таком случае осложнён прием поездов данной категории и при нарушении межпоездного интервала возможны значительные затруднения для беспрепятственного приема поездов. На станцию Б.-Л. основная доля поездов длиной более 85 усл. вагона поступает со станции Б.-С. Такая же ситуация

наблюдается и по станции Л.-С.: количество принимаемых поездов длиной более 85 усл. вагонов (12,8%) примерно в три раза превышает долю путей для приема данных поездов (4,7%).

2. Выполнен анализ изысканий отечественных учёных и нормативных документов об организации движения длинносоставных поездов на сети. Изучены основные передовые методы исследования, определены их преимущества, недостатки и перспективы применения на практике. Определено, что наибольшее влияние на организацию и развитие движения длинносоставных поездов оказало развитие ЭВМ, имитационных программ, моделирующих работу станций и участков между железнодорожными узлами, а также проведение экспериментальных исследований по организации движения длинносоставных поездов на разных участках сети.

Развитие новых и перспективных технологий позволяет обеспечивать увеличение пропускной и провозной способности линии и участков. Но стоит отметить, что при рассмотрении ВСЦ, как альтернативы длинносоставного движения, имеется ряд существенных недостатков, одни из которых – это влияние внешних факторов и условий на алгоритм фиксированной дистанции, закупка и модернизация оборудования, которая повышает стоимость проекта, ограниченность масштабирования ввиду необходимости точных вычислений для местных условий. Ввиду наличия данного ряда недостатков совершенствование организации длинносоставного движения остается одним из важных и перспективных направлений для повышения пропускной и провозной способности линии.

3. Анализ зарубежного опыта по формированию и пропуску длинносоставных поездов показал, что на железных дорогах Австралии, США и Бразилии инфраструктура отдельных железнодорожных линий позволяет пропускать угольные, рудные маршрутизированные составы длиной свыше 7 км. Необходимо также отметить высокий уровень автоматизации и информатизации зарубежных железных дорог. Однако зарубежный опыт тяжеловесного движения на

специализированных грузовых линиях, изолированных от движения других категорий поездов, не может быть непосредственно применен в текущих условиях работы отечественных железных дорог.

4. В данном диссертационном исследовании необходимо решить ряд задач, которые делятся на следующие блоки:

- обоснование необходимости комплексного моделирования взаимодействия железнодорожных узлов при организации пропуска длинносоставных поездов;
- определение влияния пропуска длинносоставных поездов на потери поездо-часов, возникающих на участке между станциями, и проведение имитационного эксперимента работы железнодорожного узла с подобными поездами;
- обоснование вариантов пропуска длинносоставных грузовых поездов с минимальными расходами между двух железнодорожных узлов, имеющих инфраструктурные ограничения.

2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ И НАПРАВЛЕНИЙ ПРИ ДВИЖЕНИИ ДЛИННОСОСТАВНЫХ ПОЕЗДОВ И ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОГРАНИЧЕНИЯХ

2.1 Анализ конструкций и вместимости приёмо-отправочных путей на станциях

Чтобы определить возможность и варианты пропуска длинносоставных поездов, необходимо проанализировать существующую инфраструктуру, а именно длины станционных путей, позволяющие принимать поезда длиной более 100 условных вагонов [6, 8]. Для более тщательного анализа рассматриваются два типа железнодорожных станций, изображенных на рисунках 2.1 и 2.2 [8]:

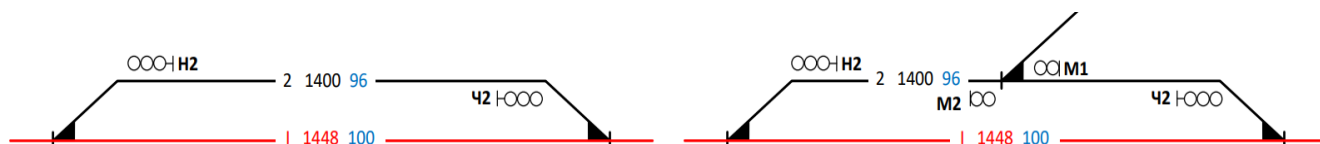


Рисунок 2.1 – Фрагмент схематического изображения станций, относящихся к
I типу

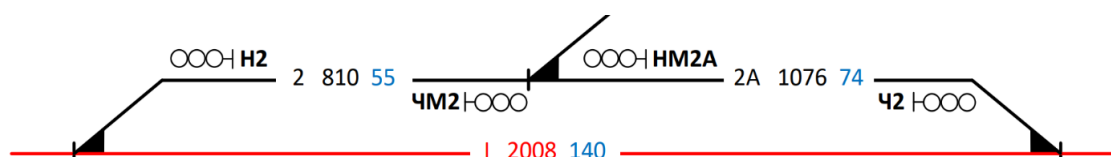


Рисунок 2.2 – Фрагмент схематического изображения станции, относящейся ко
II типу

– к первому типу относятся станции, имеющие приёмо-отправочные пути, где отсутствует примыкание других путей, либо секционируемые на две части стрелочным переводом, ограниченным маневровыми светофорами, и не имеющие маршрутных светофоров. Данные типы станций, изображенные на рисунке 2.1, объединены в одну группу в связи с тем, что отсутствие маршрутных светофоров не позволяет осуществить приём двух поездов на один приёмо-отправочный путь;

– ко второму типу относятся станции, где приёмо-отправочные пути, секционируемы на две части стрелочным переводом, ограниченным маршрутными светофорами, позволяют принимать поезда до их запрещающего показания.

Данный анализ был проведен для развития и организации движения длинносоставных поездов на железнодорожной сети России.

Рассмотрим подробнее причины разделения на типы станций и опишем их преимущества и недостатки:

I тип (приёмо-отправочный путь не секционируется стрелочным переводом).

Преимущества:

- исключение враждебных маршрутов, пересекающих данный приёмо-отправочный путь;
- исключение блокирования съездов, стрелочных переводов, ведущих к приёмо-отправочным и путям необщего пользования;
- возможность проведения реконструктивных мероприятий с минимальными затратами по отношению к другим вариантам схем станций (перенос ординат стрелочных переводов, секционирующих данный приёмо-отправочный путь, реконструкция устройств СЦБ и др.).

Недостатки:

- исключение возможности приема двух грузовых поездов на один приёмо-отправочный путь;
- необходимость полного освобождения приёмо-отправочного пути для приема следующих поездов.

I тип (приёмо-отправочный путь станции секционируется).

Преимущества:

- возможность перестановки составов на другой приёмо-отправочный путь без выезда за границу полезной длины пути;
- возможность подачи групповой отправки вагонов на путь необщего пользования без выезда за границу полезной длины пути;

- возможность приема грузового поезда меньшей длины с перестановкой поездного локомотива на пути депо без выезда за границу полезной длины пути (при наличии депо на станции);

- возможность объединения двух составов в один с перестановкой части с другого приёмо-отправочного пути.

Недостатки:

- возникновение враждебных маршрутов при проведении маневровой работы в случае пересечения приёмо-отправочного пути;

- возникновение блокирования съездов или путей необщего пользования в случае занятия стрелочного перевода подвижным составом;

- необходимость полного освобождения приёмо-отправочных путей для приема поезда в случае отсутствия запрещающего показания маневрового светофора;

- дополнительные затраты времени на маневровую работу при отсутствии маршрутного сигнала светофора (протягивание поезда по показаниям маневрового светофора).

II тип станций (приёмо-отправочный путь станции секционируется).

Преимущества:

- возможность приема поезда на занятый приёмо-отправочный путь до маршрутного сигнала светофора с перестановкой поездного локомотива на другие пути или объединение двух составов в один длинносоставный поезд;

- экономия времени по объединению других грузовых поездов в один длинносоставный;

- возможность перестановки составов на другой приёмо-отправочный путь без выезда за границу полезной длины пути;

- возможность подачи групповой отправки вагонов на путь необщего пользования без выезда за границу полезной длины пути;

- возможность приема грузового поезда меньшей длины с перестановкой поездного локомотива на пути депо без выезда за границу полезной длины пути (при наличии депо на станции);

- возможность объединения двух составов в один с перестановкой части с другого приёмо-отправочного пути.

Недостатки:

- возникновение блокирования съездов или путей необщего пользования в случае занятия стрелочного перевода подвижным составом.

В данном случае поездной диспетчер дает указание дежурному по станции, станционному или маневровому диспетчеру на объединение двух составов на одном приёмо-отправочном пути, либо перестановку второй части состава с другого пути.

В соответствии с рисунком 2.2, а также перечисленными преимуществами и недостатками, необходимо сделать вывод, что устройство станции II типа позволяет не только осуществлять прием длинносоставных поездов, но и выполнять объединение двух грузовых поездов на одном приёмо-отправочном пути без дополнительных затрат времени. При этом для разработки данной технологии на участках необходимо учитывать весовые нормы и тяговые расчёты.

Для анализа и создания имитационной модели в данной диссертации был выбран железнодорожный узел С. При выполнении инфраструктурного анализа был сделан вывод, что наличия двух путей приема нечетных поездов и одного пути для приема четных длинносоставных поездов в данном железнодорожном узле недостаточно, что подтверждается расчётом потерь поездо-часов в данной главе диссертации. Это создает необходимость строительства дополнительных путей и переустройства станции узла. В опубликованной научной работе [8] было определено, что не все станции отечественных железных дорог имеют инфраструктуру для приёма поездов данной категории. Итогом анализа стала таблица 2.1 [8]. В таблицах 2.1 – 2.4 приведена информация по станциям всех

железных дорог, кроме Калининградской ж.д. Это обосновано её удаленностью от основной сети железных дорог России и малой интенсивностью движения.

Таблица 2.1 – Наличие приёмо-отправочных путей станций данных типов, имеющих вместимость 100 и более условных вагонов, на железных дорогах сети

Наименование железной дороги	Количество станций		Общее количество станций
	I тип	II тип	
Октябрьская	27	10	1584
Московская	15	13	1733
Горьковская	27	8	838
Северная	14	1	813
Северо-Кавказская	7	9	1020
Юго-Восточная	17	1	870
Приволжская	14	31	593
Куйбышевская	16	7	976
Свердловская	23	4	1023
Южно-Уральская	14	1	911
Западно-Сибирская	16	2	928
Красноярская	5	7	558
Восточно-Сибирская	12	9	660
Забайкальская	15	1	419
Дальневосточная	12	56	684
Общее количество	234	160	13610

В соответствии с таблицей 2.1 необходимо сделать вывод, что инфраструктура Дальневосточной железной дороги позволяет выполнить объединение двух поездов в один длинносоставный, так как имеет наибольшее число станций второго типа – 56 станций. На Октябрьской и Горьковской железных дорогах преобладающее количество станций первого типа. Наибольшее количество приёмо-отправочных путей на станциях, позволяющих принять длинносоставные поезда, в сумме по дороге находится на Дальневосточной железной дороге – 68

станций, а наименьшее количество – на Красноярской железной дороге – 12 станций. Анализ длин главных путей на железных дорогах представлен в таблицах 2.2 – 2.4.

Таблица 2.2 – Анализ длин главных путей на железных дорогах России

Название дороги	Общее количество главных путей	Количество главных путей вместимостью			Доля главных путей длиной более 100 усл. вагонов
		менее 71 усл. вагона	от 71 до 100 усл. вагонов	более 100 усл. вагонов	
1	2	3	4	5	6
Всего по дорогам	12173	7337	4113	723	5,93%
Октябрьская	1535	1162	297	76	4,95%
Московская	1867	1339	368	160	8,57%
Горьковская	802	439	300	63	7,86%
Северная	687	477	176	34	4,95%
Северо-Кавказская	978	710	234	34	3,48%
Юго-Восточная	520	342	144	34	6,54%
Приволжская	618	387	180	51	8,25%
Куйбышевская	739	512	198	29	3,92%
Свердловская	896	466	375	55	6,14%
Южно-Уральская	511	207	279	25	4,89%
Западно-Сибирская	668	244	376	48	7,19%
Красноярская	368	145	210	13	3,53%
Восточно-Сибирская	508	192	306	10	1,97%
Забайкальская	492	289	158	45	9,15%
Дальневосточная	984	426	512	46	4,67%

Таблица 2.3 – Анализ длин приёмо-отправочных путей на железных дорогах России

Название дороги	Общее количество приёмо-отправочных путей	Количество приёмо-отправочных путей вместимостью			Доля приёмо-отправочных путей длиной более 100 усл. вагонов
		менее 71 усл. вагона	от 71 до 100 усл. вагонов	более 100 усл. вагонов	
1	2	3	4	5	6
Всего по дорогам	22644	16168	5964	512	2,26%
Октябрьская	2723	2309	332	82	3,01%
Московская	2572	2147	400	25	0,97%
Горьковская	1426	993	368	65	4,55%
Северная	1473	1211	215	47	3,19%
Северо-Кавказская	1811	1547	258	6	0,33%
Юго-Восточная	1101	869	197	35	3,17%
Приволжская	1113	798	283	32	2,87%
Куйбышевская	1573	1254	289	30	1,90%
Свердловская	1838	1084	697	57	3,1%
Южно-Уральская	1158	687	455	16	1,38%
Западно-Сибирская	1439	699	688	52	3,61%
Красноярская	764	442	316	6	0,79%
Восточно-Сибирская	1120	533	571	16	1,43%
Забайкальская	858	557	271	30	3,5%
Дальневосточная	1675	1038	624	13	0,77%

Таблица 2.4 – Анализ длин сортировочных путей на железных дорогах России

Название дороги	Общее количество сортировочных путей	Количество сортировочных путей вместимостью			Доля сортировочных путей длиной более 100 усл. вагонов
		менее 71 усл. вагона	от 71 до 100 усл. вагонов	более 100 усл. вагонов	
1	2	3	4	5	6
Всего по дорогам	4067	3174	881	12	0,29%
Октябрьская	405	358	45	2	0,49%

Продолжение таблицы 2.4

Московская	462	371	90	1	0,22%
Горьковская	220	155	65	0	0
Северная	231	204	27	0	0
Северо-Кавказская	487	470	10	7	1,44%
Юго-Восточная	282	244	37	1	0,35%
Приволжская	218	171	47	0	0
Куйбышевская	351	314	37	0	0
Свердловская	349	216	132	1	0,29%
Южно-Уральская	254	135	119	0	0
Западно-Сибирская	204	78	126	0	0
Красноярская	72	42	30	0	0
Восточно-Сибирская	191	148	43	0	0
Забайкальская	76	65	11	0	0
Дальневосточная	265	203	62	0	0

На основании анализа таблиц 2.2 – 2.4, необходимо сделать вывод, что доля главных путей вместимостью более 100 условных вагонов по всем дорогам не превышает 6%. Наибольшая доля находится на Забайкальской железной дороге – 9,15%, а наименьшая – на Восточно - Сибирской железной дороге и имеет значение 1,97%. При этом необходимо отметить, что это наибольший показатель в процентном соотношении при анализе других данных таблиц.

Необходимо отметить, что доля приёмо-отправочных путей длиной более 100 условных вагонов в целом по всем дорогам не превышает 3%. При сравнении с долей отправленных длинносоставных поездов с основных сортировочных станций Московской железной дороги, приведенной в данном разделе диссертации, необходимо сделать вывод о недостаточной развитости станционной инфраструктуры для беспрепятственного приема и пропуска длинносоставных поездов. Наибольший показатель определён по Горьковской железной дороге – 4,55%, а наименьший по Северо - Кавказской железной дороге – 0,33%.

Также необходимо выполнить анализ количества сортировочных путей по всем железным дорогам. Данный показатель является наименьшим и всего по всем дорогам не превышает 0,29%. Необходимо отметить, что данные пути имеются только на Октябрьской, Московской, Северо - Кавказской, Юго - Восточной и Свердловской железных дорогах. В случае развития длинносоставного движения на других железных дорогах необходимо строительство сортировочных путей на основных сортировочных станциях дорог.

Не менее важной областью для изучения является беспрепятственный пропуск грузовых поездов по участку. Это зависит не только от грамотного диспетчерского планирования, но и ряда других факторов, которые должны наименьшим образом влиять на перевозочный процесс [3 – 8].

2.2 Варианты отправления длинносоставных поездов с начальных станций при наличии инфраструктурных ограничений на участке между двумя железнодорожными узлами

В данном исследовании рассмотрим один из грузонапряженных участков Б.-С. – С. Согласно исследованиям [3 – 7], на данном участке регулярно наблюдается увеличение потерь поездо-часов и неравномерный грузопоток. Железнодорожная станция Б.-С. является одной из самых крупных не только на Московской железной дороге, но и на всей сети. Расположенная на Большом железнодорожном кольце (БМО), она имеет 4 подхода, локомотивное депо, а также пути для отцепочного ремонта вагонов.

Планированием отправления поездов, «подвязкой» локомотивных бригад на данной сортировочной станции занимается станционный диспетчер. Получая необходимую информацию о подходах поездов от поездного диспетчера, он планирует расформирование поездов в парке приёма А или же смену локомотива, локомотивной бригады в парке В. При наличии готового поезда в сортировочном парке С производится его выставка маневровым локомотивом по вытяжкам

формирования в парк В и «подвязка» локомотива и локомотивной бригады. Далее в соответствии с нормативным графиком движения поездов (НГДП) производится выбор нитки и отправление поезда на график с соблюдением технологии работы участков.

В случае большого подхода поездов, превышения нормативных значений рабочего парка станции, наличия инфраструктурных ограничений (технологических окон) и других факторов возможно отправление длинносоставных поездов на ст. С. с нарушением технологии работы участка, что приводит к экономическим потерям, нарушению срока доставки грузов, длительным простоям локомотивов на промежуточных станциях, нецелевому расходу времени работы локомотивных бригад и даже «бросанию» поездов на линии. Отправление поездов с нарушением технологии производится в основном для высвобождения емкостей в парке отправления В и сортировочном парке С для других поездов и снижения рабочего парка станции по схеме, приведенной на рисунке 2.3.

Для полного анализа и сравнения отправления поездов со ст. Б.-С. необходимо рассмотреть два варианта отправления длинносоставных поездов длиной более 85 усл. вагонов, представленные на рисунке 2.4. Выбор поездов такой составности определяется инфраструктурными ограничениями в узле С. Из данной схемы видно, что в случае нарушения межпоездного интервала отправления длинносоставных поездов с начальной технической станции поездным диспетчером производится корректировка данного интервала путём дополнительной стоянки на промежуточных станциях. При этом нужно заметить, что не все станции имеют пути для приёма длинносоставных поездов.

В первом варианте рисунка 2.4 приведено отправление грузовых поездов со ст. Б.-С. при соблюдении интервала отправления ($I_{от}$) в соответствии с технологией работы участка Б.-С. – С. Но во втором варианте длинносоставные поезда отправляются с фактическим межпоездным интервалом ($I_{оф}$), а затем необходимый интервал ($I_{от}$) в соответствии с технологией работы участка Б.-С.– С. достигается путем стоянки грузовых поездов на промежуточной станции.

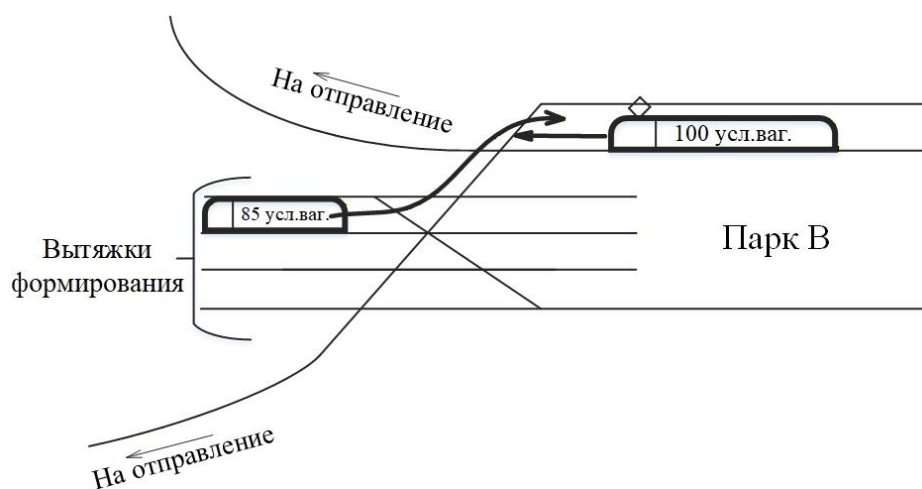


Рисунок 2.3 – Фрагмент схемы парка В ст. Б.-С. и вариант отправления длинносоставных поездов

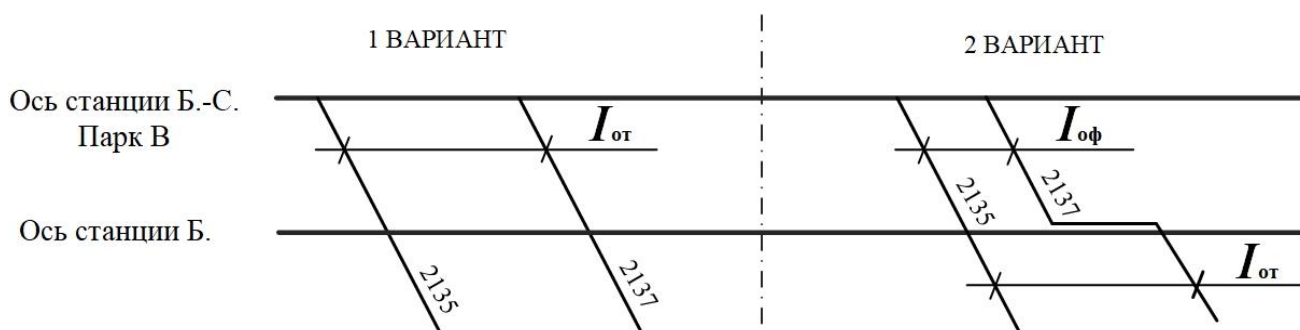


Рисунок 2.4 – Варианты отправления длинносоставных поездов со ст. Б.-С.

Рассмотрим регулирование поездопотока на примере участка Б.-С. – Б.-Л. В случае нарушения межпоездного интервала длинносоставных поездов, отправляемых со станции Б.-С., регулирование (увеличение) значения межпоездного интервала, упорядочивание неоднородного поездопотока во времени и в пространстве производится по станции Б. (второй вариант рисунка 2.4). Далее, когда поезд проследовал данный участок до станции С., поездной диспетчер в зависимости от освобождения пути приема на станции С. выполняет регулирование его движения во времени и в пространстве с возможностью отклонения данного поезда на приёмо-отправочный путь для пропуска других поездов. Заключительное регулирование поездопотока производится на промежуточных станциях Коз. и Пол., расположенных на подходах к железнодорожному узлу Б.-Л.

Рассмотрев данный пример, необходимо сделать вывод, что упорядочивание поездов во времени и в пространстве производится на промежуточных станциях с

достижением необходимых межпоездных интервалов для беспрепятственного приема длинносоставных поездов в железнодорожный узел. Этот важный факт необходимо учитывать для организации движения длинносоставных поездов на других участках железнодорожной сети.

Построен график количества длинносоставных поездов, проследовавших на рассматриваемом участке за 2023 год (рисунок 2.5). В качестве месяца минимальных перевозок в исследовании будет рассматриваться июнь, так как он является первым месяцем минимальных перевозок в 2023 году.

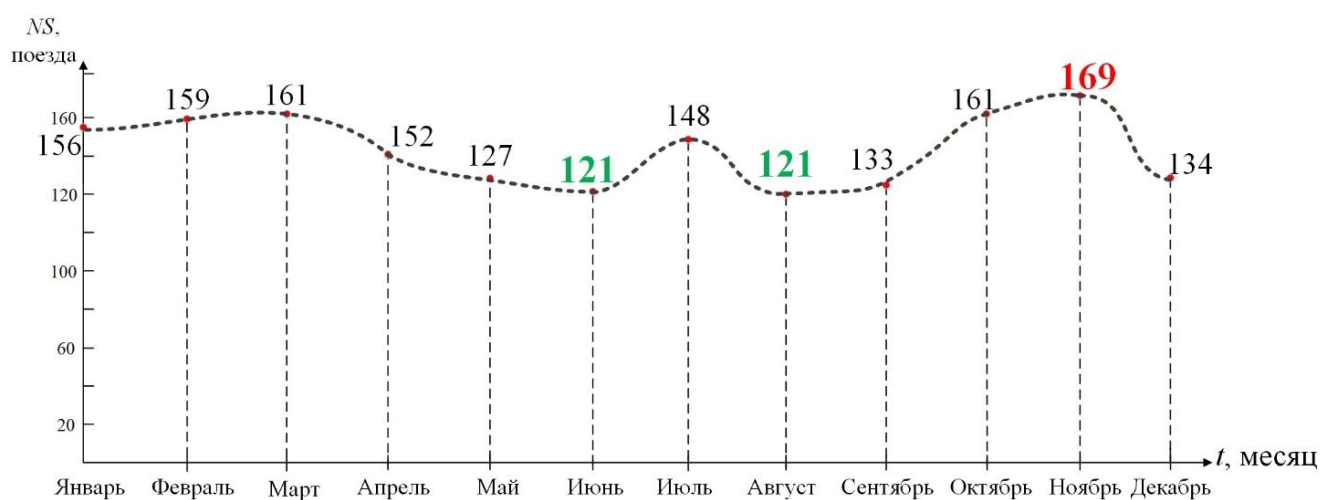


Рисунок 2.5 – Количество длинносоставных поездов, следующих по участку Б.-С. – С. по месяцам за 2023 календарный год

В рамках данного диссертационного исследования был изучен поездопоток, состоящий из длинносоставных поездов. Анализ показал, что за 2023 год со ст. Б.-С. назначением в узел С. было отправлено 1742 состава длиной от 85 до 100 условных вагонов.

Анализируя таблицу 2.5 необходимо сделать вывод, что с увеличением количества длинносоставных поездов, отправляемых в железнодорожный узел, который имеет ограничения по инфраструктуре, растёт показатель потерь поездо-часов. Значение этого показателя зависит от согласованности отправления поездов данной категории поездными диспетчерами и организации их подвода к узлам в оперативных условиях.

Таблица 2.5 – Потери поездо-часов длинносоставными грузовыми поездами в месяцы максимальных и минимальных перевозок

Календарный месяц	июнь	ноябрь
Длинносоставные поезда	121	169
Потери поездо-часов	61.55	220

Роль станций в процессе регулирования вагоно- и поездопотоков представлена на схеме (рисунок 2.6) [14].

При планировании организации беспрепятственного пропуска длинносоставных поездов на участке, имеющем железнодорожные узлы и инфраструктурные ограничения, необходимо учитывать важные факторы, влияющие на организацию работы станции и направлений: неоднородность путевого развития станции, участков и неоднородность транспортных потоков. Для стабильной работы железнодорожного узла и направлений при пропуске поездов, имеющих особые условия следования (длинносоставных, повышенной массы, длины и др.), оперативно-диспетчерским персоналом заранее освобождаются пути приема и согласовываются нитки отправления данных поездов из железнодорожного узла. При определении неоднородности путевого развития необходимо учесть топологию двух железнодорожных узлов, между которыми производится регулирование поездопотоков, но также и топологию самого направления. В том числе при неоднородности транспортных потоков необходимо учесть саму структуру и характеристику вагоно- и поездопотоков. Все эти важнейшие факторы необходимо учитывать при организации движения поездов на железнодорожном направлении [14].



Рисунок 2.6 – Схема регулирования поездопотоков между железнодорожными узлами

Исходя из схемы, приведенной на рисунке 2.6, необходимо сделать вывод, что рациональное упорядочение транспортных потоков представляет из себя комплексное регулирование движения – не только подвод в узел поездов с прилегающих направлений, но и отправление из узла на прилегающие направления. Следовательно, железнодорожная станция регулирует и упорядочивает поездо- и вагонопотоки для железнодорожных направлений и имеет функции поездообразования и проведения технологических операций [14].

И эти условия являются важнейшими для оперативно-диспетчерского персонала в части планирования подвода и отправлення грузовых поездов из

железнодорожного узла. Учитывая вышеперечисленные факторы, поездными диспетчерами принимаются оперативные решения по планированию приема и отправления длинносоставных поездов на строго запланированные нитки графика.

Схема, приведенная на рисунке 2.6, в дальнейшем позволит организовать подвод, отправление и пропуск таких поездов на участках с наибольшей эффективностью их следования.

2.3 Анализ межпоездных интервалов следования грузовых поездов на участке Б.-С. – С. с использованием методов математической статистики

Для определения потерь поезд-часов грузовых поездов на участке Б.-С. – С. использованы интервалы поездов из системы ГИД-Урал ВНИИЖТ. Это позволит наглядно показать варианты следования поездов по участку и исследовать необходимую статистику.

В таблице 2.6 приведена статистика по отправлению длинносоставных поездов со ст. Б.-С. на ст. С. в 2023 году.

Из таблицы 2.6 видно, что наибольшее число интервалов попутного отправления из узла Б.-С. находится в интервале 121- 300 мин. Но необходимо заметить, что 21% от общего числа интервалов находится в границе от 0 до 120 минут, что приводит к дополнительным простоям на промежуточных станциях из-за неприёма железнодорожного узла.

Наименование столбцов и формат таблиц 2.6 – 2.8 приводится из научных трудов [84] д.т.н., профессора Сотникова И. Б., связанных с решением эксплуатационных задач по увеличению пропускной и провозной способности линий и участка при разной интенсивности движения грузовых поездов.

Таблица 2.6 – Статистика по отправлению длинносоставных поездов со ст. Б.-С.

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 час.)	373	60	0,214	12,84	13739,4301
121-300 (2-5 час.)	637	210,5	0,365	76,8325	3863,4927
301-600 (5-10 час.)	574	450,5	0,330	148,665	6204,3536
601-900 (10-15 час.)	132	750,5	0,076	57,038	14521,4166
901-1200 (15-20 час.)	21	1050,5	0,012	12,606	6520,0976
1201-2400 (20-40 час.)	5	1800,5	0,003	5,4015	6634,5509
	1742		1,0	$I_{cp}=313,383$	51483,3415

Далее на основании таблицы 2.6 рассчитаны показатели по отправлению из узла Б.-С. в направлении узла С. по формулам 2.1-2.6 [84, 85]:

– среднее значение интервала отправления:

$$I_{cp} = \sum_{i=1}^n I_i \cdot P_i \quad (2.1)$$

$$I_{cp} = (60 \cdot 0,214) + (210,5 \cdot 0,365) + (450,5 \cdot 0,330) + (750,5 \cdot 0,076) + (1050,5 \cdot 0,012) + (1800,5 \cdot 0,003) = 313,383 \text{ мин.},$$

– среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma[I] = \sqrt{D[I]} \quad (2.2)$$

$$\sigma[I] = \sqrt{51483,3415} = 226,9 \text{ мин.}$$

На рисунке 2.7 изображена гистограмма распределения интервалов прибытия в узел С. Где P - частость i -го разряда гистограммы, I_i -среднее значение разряда гистограммы.

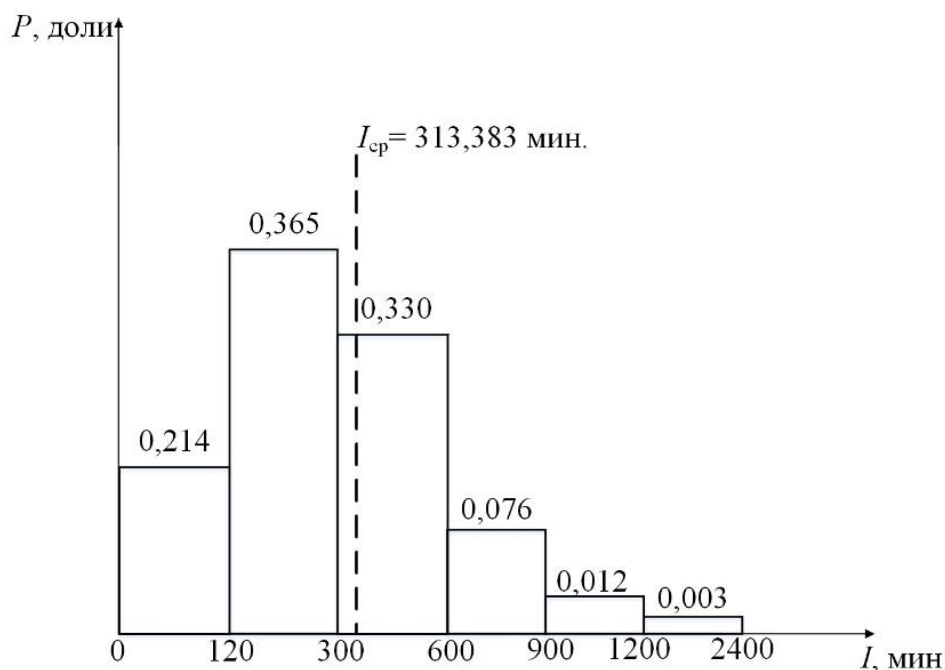


Рисунок 2.7 – Гистограмма распределения интервалов отправления длинносоставных грузовых поездов из узла Б.-С. в узел С.

– Дисперсия:

$$D[I] = \sum_{i=1}^n (I_i - I_{\text{ср}})^2 \cdot P \quad (2.3)$$

$$D[I] = 13739,4301 + 3863,4927 + 6204,3536 + 14521,4166 + 6520,0976 + 6634,5509 = 51483,3415,$$

– максимальное отклонение интервалов:

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] \quad (2.4)$$

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 313,383 + 3 \cdot 226,9 = 994,083 \text{ мин.},$$

– коэффициент вариации входящего потока:

$$\nu[I] = \frac{\sigma[I]}{I_{\text{cp}}} \quad (2.5)$$

$$\nu[I] = \frac{226,9}{313,383} = 0,72.$$

При этом интенсивность входящего потока (грузовых поездов) составит:

$$\lambda = \frac{1}{I_{\text{cp}}} \quad (2.6)$$

$$\lambda = \frac{1}{313,383} = 0,003 \text{ мин}^{-1} = 0,1915 \text{ поездов/ч.}$$

В таблице 2.7 приведена статистика по прибытию длинносоставных поездов в узел С. за 2023 год.

Таблица 2.7 – Данные о межпоездных интервалах фактического прибытия нечётных длинносоставных грузовых поездов на ст. С.

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{\text{cp}})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	311	60	0,179	10,74	11720,9106
121-300 (2-5 ч.)	703	210,5	0,404	85,042	4487,2916
301-600 (5-10 ч.)	574	450,5	0,330	148,665	5979,5067
601-900 (10-15 ч.)	130	750,5	0,074	55,537	13977,5208
901-1200 (15-20 ч.)	18	1050,5	0,01	10,505	5396,5111
1201-2400 (20-40 ч.)	6	1800,5	0,003	5,4015	6612,1961
	1742		1,0	$I_{\text{cp}}=315,89$	48173,9369

На рисунке 2.8 изображена гистограмма распределения интервалов попутного прибытия в узел С. из узла Б.-С. Где P – частость i -го разряда гистограммы, I_i – среднее значение разряда гистограммы.

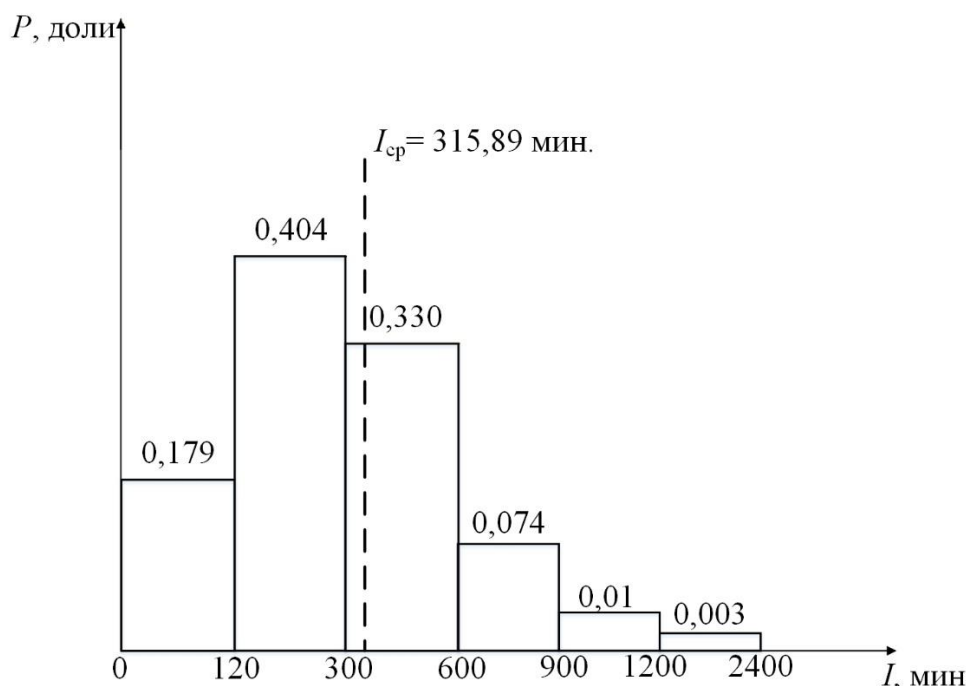


Рисунок 2.8 – Гистограмма распределения интервалов прибытия длинносоставных грузовых поездов на ст. С.

Из таблицы видно, что наибольшее число интервалов попутного прибытия в узел находится в интервале от 121 до 300 мин.

Далее на основании таблицы 2.7 рассчитаны показатели узла С.:

- среднее значение интервала поступления требований в систему (2.1):

$$I_{\text{ср}} = (60 \cdot 0,179) + (210,5 \cdot 0,404) + (450,5 \cdot 0,330) + (750,5 \cdot 0,074) + (1050,5 \cdot 0,01) + (1800,5 \cdot 0,003) = 315,8905 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение (2.2):

$$\sigma[I] = \sqrt{48173,9369} = 219,49 \text{ мин.},$$

- дисперсия (2.3):

$$D[L] = 11720,9106 + 4487,2916 + 5979,5067 + 13977,5208 + 5396,5111 + 6612,1961 = 48173,9369,$$

– максимальное отклонение интервалов (2.4):

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 315,8905 + 3 \cdot 219,49 = 974,3605 \text{ мин.},$$

– коэффициент вариации входящего потока (2.5):

$$\nu[I] = \frac{219,49}{315,8905} = 0,69.$$

Исходя из построенных гистограмм распределения интервалов прибытия и отправления грузовых поездов, изображенных на рисунках 2.7 и 2.8, необходимо сделать вывод, что наименьшей частотой обладает выборка поездов, имеющая интервал 1200 – 2400 мин. (20 – 40 ч.) Данный интервал возникает из-за малого числа транзитных поездов по техническим станциям, незначительного грузопотока, поступающего в переработку, отсутствия потребного парка локомотивов и наряд-заказа бригад, а также из-за наличия ограничений на инфраструктуре.

Из рассчитанного показателя максимального отклонения интервалов видно, что всего 24 поезда имеют межпоездной интервал попутного прибытия в систему, превышающий данное значение. Это составляет 1,37% от общего числа поездов.

При этом интенсивность входящего потока составляет (2.6):

$$\lambda = \frac{1}{315,8905} = 0,003 \text{ мин}^{-1} = 0,1915 \text{ поездов/ч.}$$

Разница значения среднего интервала поступления требований в систему составляет (2.7):

$$\Delta I_{\text{ср}} = I_{\text{ср}}^{\text{б}} - I_{\text{ср}}^{\text{с}} \quad (2.7)$$

$$\Delta I_{\text{ср}} = 315,8905 - 313,383 = 2,5075 \text{ мин.}$$

2.4 Анализ потерь поездо-часов на участке Б.-С. – С.

Данные о потерях поездо-часов позволяют сконцентрировать внимание на стоянках грузовых поездов на участке, определить долю задержанных поездов и наглядно отобразить всю необходимую информацию в таблицах и диаграммах. Это необходимо для определения основных причин их возникновения. Далее на основании анализа таблицы приложения А составим круговую диаграмму (рисунок 2.9).

Для более полного анализа определим четыре категории поездов:

- проследующие участок без потерь поездо-часов;
- с потерями поездо-часов до 1 часа по участку;
- с потерями поездо-часов от 1 до 3 часов по участку;
- с потерями поездо-часов более 3 часов по участку.

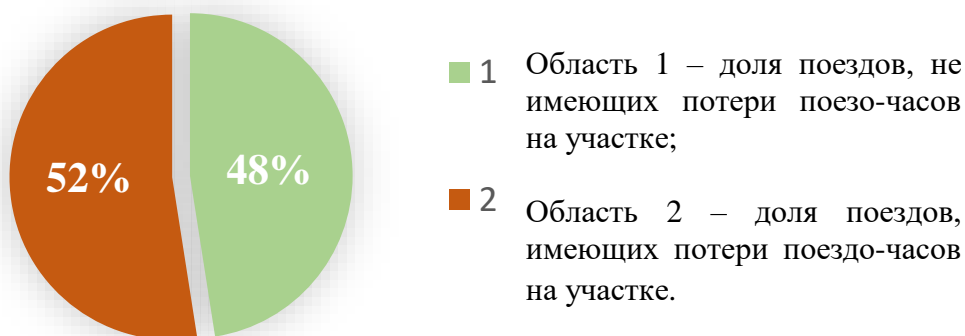


Рисунок 2.9 – Доли выполнения графикового времени хода длинносоставными грузовыми поездами на выбранном участке за 2023 г.

Необходимо отметить, что согласно тяговым расчётам графиковое время хода грузового поезда по участку от Б.-С. до С. составляет 3 часа 57 минут, но с учётом необходимых требований ОАО «РЖД» [116, 119] графиковое время прибытия

поезда допускается с опозданием + 5 минут. Следовательно, в статистику потерь поездо-часов учитывались грузовые поезда длиной более 85 усл. вагонов и с временем хода по участку более 4 часов 2 минут.

Составим сводную таблицу 2.8 выполнения графического времени хода длинносоставными грузовыми поездами на выбранном участке за 2023 г.

На основании таблицы 2.8 рассчитаны показатели графического времени хода:

– среднее значение времени хода по участку Б.-С. – С. для длинносоставных поездов (2.1):

$$I_{\text{ср}} = (121 \cdot 0,525) + (272 \cdot 0,276) + (393 \cdot 0,146) + (839,5 \cdot 0,053) = 240,469 \text{ мин.},$$

– среднеквадратичное отклонение (2.2):

$$\sigma[I] = \sqrt{30182,8564} = 173,7321 \text{ мин.},$$

– дисперсия (2.3):

$$D[I] = 7493,242 + 274,4 + 3396,793 + 19018,4214 = 30182,8564,$$

– максимальное отклонение интервалов (2.4):

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 240,469 + 3 \cdot 173,7321 = 761,6653 \text{ мин.},$$

– коэффициент вариации времени хода по участку (2.5):

$$v[I] = \frac{173,7321}{240,469} = 0,722.$$

Таблица 2.8 – Сводная таблица выполнения графического времени хода длинносоставными грузовыми поездами на выбранном участке за 2023 г.

Разряды	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
Выполнили время хода без потери поездо-часов (242 мин.)	914	121	0,525	63,525	7493,242
Не выполнение времени хода с превышением до 1 часа (242-302 мин.)	480	272	0,276	75,0725	274,4
Не выполнение времени хода с превышением от 1 часа до 3 часов (303-483 мин.)	254	393	0,146	57,378	3396,793
Не выполнение времени хода с превышением более 3 часов (484-1195 мин.)	94	839,5	0,053	44,4935	19018,4214
	1742		1,0	$I_{cp}=240,469$	30182,8564

На основании таблицы 2.8 и рисунка 2.9 необходимо сделать вывод, что наличие одного пути для приема поездов длиной 85 условных вагонов в узле С. недостаточно. Это затрудняет движение поездопотока, увеличивает потери поездо-часов простоя грузовых поездов на промежуточных станциях, требует модернизации станционной инфраструктуры и строительства дополнительных приёмо-отправочных путей. Основной причиной потери поездо-часов является неприём железнодорожного узла С. – 57,97%. Количество грузовых длинносоставных поездов, задержанных на промежуточных станциях за 2023 год, составило 828 поездов. Данное направление является приоритетным для Московской железной дороги, так как обеспечивает ГОК «Михайловский рудник» порожними маршрутами, состоящими из полувагонов [134]. ГОК «Михайловский

рудник» обеспечивает важнейший бюджетный показатель – погрузку рудных маршрутов в адрес ст. Мет., Ку., экспорт по стыковым пунктам Заб. и Грод. на железные дороги Китайской народной республики, экспорт в порты, находящиеся на ст. Луж. - Сорт. и Но. порт Октябрьской железной дороги.

На рисунке 2.10 представлена итоговая гистограмма распределения графикового времени хода грузовых длинносоставных поездов на выбранном участке за 2023 г.

Результат исследования основных причин невыполнения графика следования длинносоставных поездов на участке между узлами представлен на рисунке 2.11. Из данного рисунка видно, что большую долю потерь поездо-часов занимают стоянки на промежуточных станциях из-за неприёма железнодорожного узла, также большую долю занимают и инфраструктурные ограничения, невыполнение времени хода по участку машинистами и наименьшую долю – отказы технических средств. Все это создает необходимость исследования и разработки методики безостановочного приема поездов в железнодорожный узел.

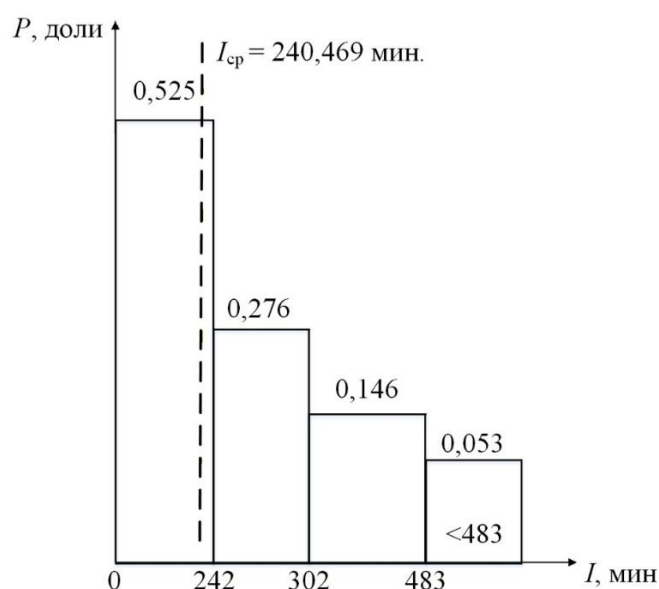


Рисунок 2.10 – Гистограмма распределения выполнения графикового времени хода длинносоставными грузовыми поездами на выбранном участке за 2023 г.

В условиях реальных ограничений по инфраструктуре организация движения длинносоставных грузовых поездов вызывает факторы противоположного

действия – как уменьшающие, так и увеличивающие потребность в тяговых ресурсах.

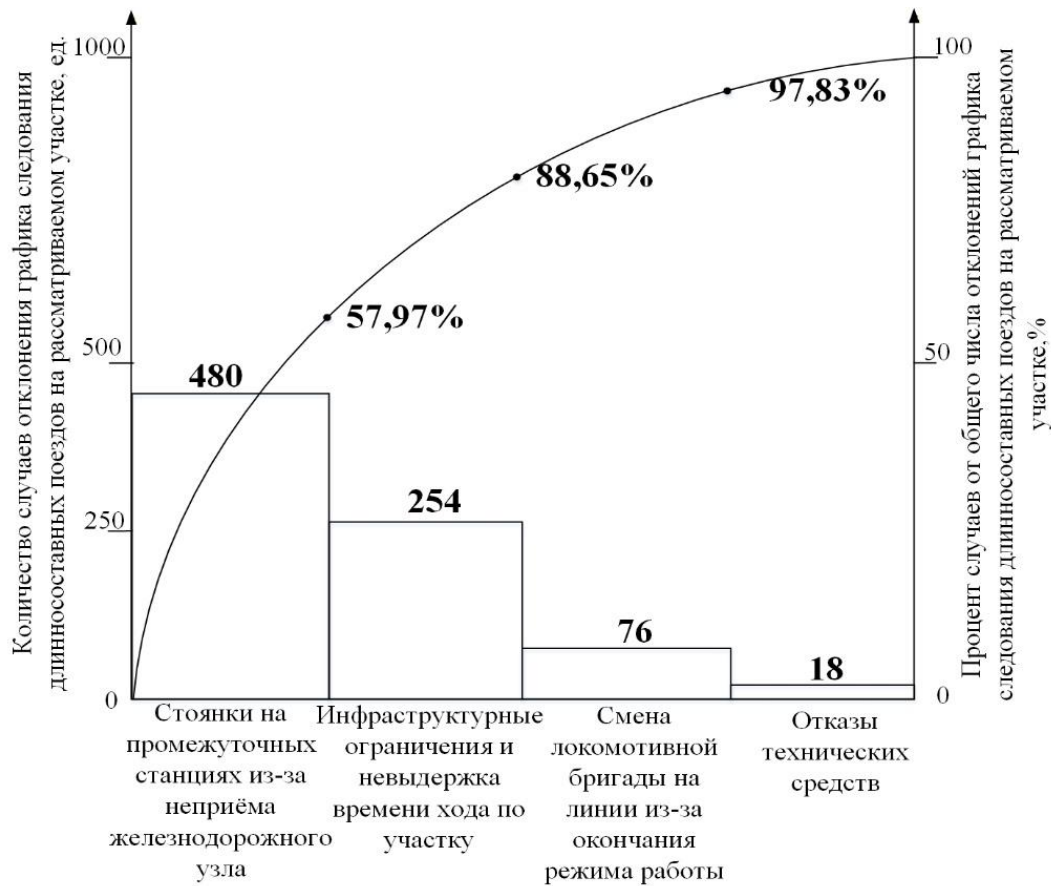


Рисунок 2.11 – Основные причины невыполнения графика следования длинносоставными грузовыми поездами на участке между узлами

Одним из важнейших факторов, влияющих на продвижение поездов, является наличие рабочего парка локомотивов грузового движения и контингента локомотивных бригад. Потребность в тяговых ресурсах не имеет постоянной величины и меняется в зависимости от интенсивности поездопотока, количества сформированных грузовых поездов и др. В соответствии с исследованиями, приведенными в п. 1.1, необходимо сделать вывод, что в случае дефицита поездных локомотивов и контингента локомотивных бригад в железнодорожном узле – увеличивается длина состава грузового поезда для снижения рабочего парка станции и вывоза готовых поездов. В этом случае несогласованность отправления длинносоставных поездов между железнодорожными узлами приводит к

увеличению времени нахождения поездных локомотивов в движении, в том числе из-за неприёма соседнего железнодорожного узла, имеющего инфраструктурные ограничения. Для увеличения количества поездных локомотивов в железнодорожном узле необходимо максимально исключить факторы простоя локомотивов на выходе из железнодорожных узлов и его неприёма. При качественном планировании необходимо стремиться к минимальному времени оборота поездного локомотива в железнодорожном узле [14].

В случае нахождения поездного локомотива во главе состава оперативно-диспетчерским персоналом исключается пропуск поездов по участку с увеличением расстояния следования и пропуск по участкам, имеющим ограничение скорости следования поездов. Данные неблагоприятные факторы увеличивают время нахождения локомотивов в пути следования при наличии их дефицита в другом железнодорожном узле. В случае планирования передвижения поездных локомотивов резервом вне границы железнодорожного узла — необходимо максимально исключить одиночные пробеги между парками станции и границами железнодорожного узла. В данном случае уменьшается производительность локомотива как одного из важнейших бюджетных показателей работы железной дороги [14].

При этом различные технологические состояния локомотивов рабочего парка и локомотивных бригад, приведенные на рисунке 2.12 [14], характеризуются разными статьями номенклатуры операционных расходов и разными элементами затрат и, следовательно, разными стоимостными оценками. Поэтому далее в диссертационной работе необходимо:

- 1) определить методику расчетов натуральных показателей на имитационной модели взаимодействия узлов и направлений железных дорог;
- 2) вывести расчетные зависимости для стоимостной оценки результатов имитационных расчетов;
- 3) подготовить рекомендации по применению результатов расчетов в оперативных условиях эксплуатационной работы.



Рисунок 2.12 – Факторы, влияющие на рабочий парк локомотивов грузового движения и контингент локомотивных бригад

2.5 Выводы по второй главе

1. Типизированы конструктивные решения по устройству приёмо-отправочных путей на станциях для организации движения длинносоставных и соединённых поездов с определением их преимуществ и недостатков. Для дальнейшего перспективного развития длинносоставного движения определено, что наиболее основным типом станций для объединения и формирования длинносоставного поезда является II тип станций, имеющий приёмо-отправочный путь, секционированный на две части стрелочным переводом, который ограничен двумя маршрутными светофорами. Анализ железнодорожной инфраструктуры ОАО «РЖД» на возможность приёма и пропуска длинносоставных поездов в соответствии с выявленными двумя основными типами станций показал, что наибольшее количество станций II типа имеет Дальневосточная железная дорога, наименьшее – Красноярская. Так же для развития длинносоставного движения выполнен анализ главных, приёмо-отправочных и сортировочных путей отечественной железнодорожной инфраструктуры. Определено, что доля приёмо-отправочных путей вместимостью более 100 усл. вагонов в целом по сети составляет 2,26%. Минимальное количество путей данной категории находится на Северо-Кавказской и Красноярской железных дорогах – 6 путей по каждой железной дороге, а максимальное количество путей данной категории находится на Октябрьской железной дороге – 82 пути.

2. Методика исследования вероятностных характеристик, отправляемых и прибывающих поездопотоков в узлах и задержек поездопотоков на участках, рассмотрена на примере направления Б.-С. – С. Выполнен анализ входящего потока грузовых поездов по их длине на примере узла С., определены основные показатели интервалов прибытия в узел, неравномерность поездопотока, отправляемого из узла Б.-С., для определения основных причин неприёма длинносоставных поездов в железнодорожный узел. Определено, что месяцем максимальных перевозок длинносоставных грузовых поездов является ноябрь месяц, в котором определено

максимальное значение потерь поездо-часов – 220 поездо-часов из-за стоянок грузовых поездов на промежуточных станциях. Среднеквадратичное отклонение интервалов отправления длинносоставных поездов со ст. Б.-С. на ст. С. составляет $\sigma[I] = 226,9$ мин., среднеквадратичное отклонение интервалов прибытия длинносоставных поездов на ст. С. составляет $\sigma[I] = 219,49$ мин. На основании выполненного анализа необходимо сделать вывод, что данное значение наглядно показывает изменение межпоездного интервала длинносоставных поездов, следующих между двумя рассматриваемыми узлами. Это возникает в том числе из-за неприёма станции С., что приводит к большим экономическим и временным затратам.

3. Выполнен анализ времени хода грузовых поездов по выбранному участку Б.-С. за 2023 г. Определено, что время хода 828 длинносоставных грузовых поездов от общего числа 1742 грузовых поездов находится в диапазоне от 242 до 1195 мин., что существенно превышает значение нормативного времени хода грузовых поездов. На основании анализа потерь поездо-часов и нормативного времени хода длинносоставных грузовых поездов определены причины невыполнения графика следования поездов данной категории: наибольшую долю – 57,97% составил неприём железнодорожного узла, а наименьшую – отказы технических средств (2,17%). Результаты выполненного анализа могут быть учтены в дальнейшем для исключения влияния факторов, влияющих на развитие длинносоставного грузового движения на участках, в том числе между железнодорожными узлами.

4. По результатам исследованных параметров определены положения для построения имитационной модели взаимодействия узлов и направления железной дороги и проведения имитационных экспериментов для поиска рациональных параметров регулирования отправления и подвода поездов с учетом неоднородности путевого развития и транспортных потоков.

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В РАБОТЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛОВ И НАПРАВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕРНОГО ПОДВОДА ПОЕЗДОПОТОКА

3.1 Построение имитационной модели взаимодействия в работе железнодорожных узлов и направления в системе ИМЕТРА

Основными факторами, влияющими на работу железнодорожного узла, являются:

- наличие локомотивов переменного и постоянного тока;
- характер поездов, подводимых в железнодорожный узел: транзитные, поступающие в переработку, длинносоставные и тяжеловесные поезда;
- соблюдение межпоездных интервалов;
- инфраструктурные ограничения.

Моделирование железнодорожного узла проводилось на основе системы ИМЕТРА. Новизна данной имитационной модели заключается в том, что ранее не проводилось моделирование влияния неоднородности путевого развития на эффективность следования длинносоставных грузовых поездов между двумя железнодорожными узлами, имеющими инфраструктурные ограничения, при разном количестве поездных локомотивов. Для моделирования движения поездов по участку создавались операции, объединённые в единый технологический процесс. Движение поездов в данной системе может регулироваться специальным расписанием или на основе нерегулируемых процессов путём задания случайного времени отправления с начальной станции. Для составления имитационной модели необходимо изобразить схематический план линии Б.-С. – С. с подробным заполнением данных каждой станции. Над каждой схемой станции отображено её название, а внутри самой схемы написано количество главных путей на станции.

Схематический план линии изображен на рисунках 3.1 и 3.2. Схема технологических процессов движения поездов изображена на рисунке 3.3.

К дополнительным данным, необходимым для заполнения в имитационной модели, относятся:

1. Количество ёмкостей (путей) по каждой станции.
2. Время проследования поезда по станции и горловинам.
3. Параллельные перемещения в горловинах станции.

Помимо станции для точного моделирования проследования поезда по участку задаются параметры для перегонов [60]:

1. Количество путей перегона.
2. Время хода поезда, в зависимости от категории поезда.

Проведение исследований в системе ИМЕТРА включает в себя следующие основные этапы [60]:

1. Выработка целей исследования, планирование, формирование технического задания.
2. Сбор и анализ исходных данных.
3. Задание стандартной технологии работы имитационной системы путем формирования технологических процессов для грузовых поездов.
4. Задание адаптивной технологии работы, которая заключается в условиях выполнения операций, различных приоритетах в обслуживании и др.
5. Верификация модели, её доработка в случае необходимости. Это позволяет отобразить и применить дополнительные технологические процессы, изменить схематический план линий с учётом перспективного строительства.
6. Планирование дальнейших экспериментов и выявление узких мест. Это позволяет составить план по модернизации железнодорожной инфраструктуры.
7. Построение графиков исполненной работы станции и сведение данных о различных показателях в информационные таблицы. Такая структура данных удобна для анализа работы железнодорожного участка.

8. Анализ результатов моделирования путем сравнения между собой нескольких вариантов исследования. Это позволяет более детально подготовить предложения по совершенствованию работы железнодорожного участка.

В данном исследовании для получения наиболее точного результата моделирование проводилось построение графика исполненной работы узла С., отображающий простой и количество поездных локомотивов.

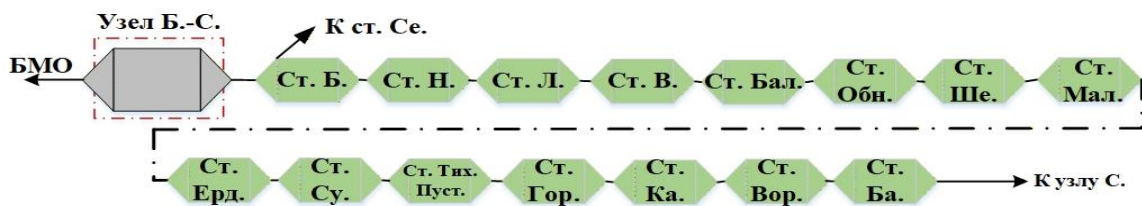


Рисунок 3.1 – Имитационная схема железнодорожного участка между двумя железнодорожными узлами. Участок Б.-С. – Ба.

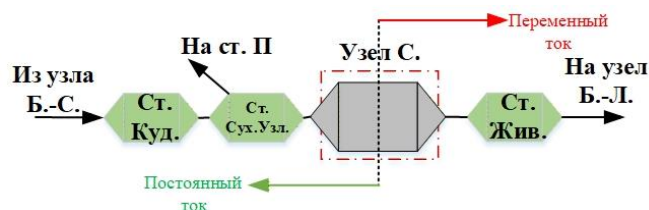


Рисунок 3.2 – Имитационная схема железнодорожного участка между двумя железнодорожными узлами. Ба. – Дум.

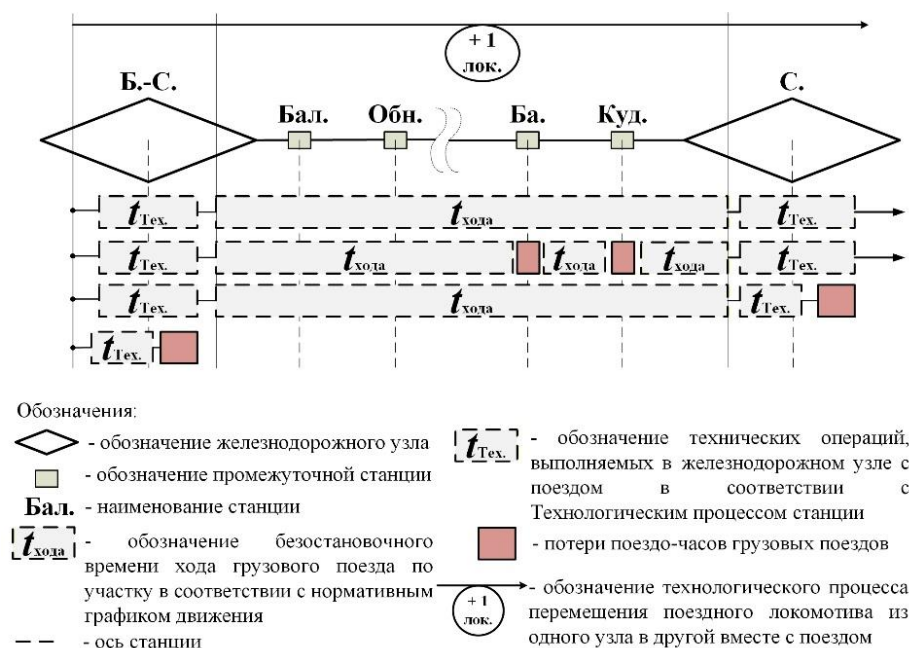


Рисунок 3.3 – Схема технологических процессов и имитационной модели узла С.

3.2 Проведение имитационных экспериментов и определение основных ограничений в работе на примере железнодорожного узла С.

Необходимо отметить, что в системе ИМЕТРА возможно задавать количество поездных локомотивов в железнодорожном узле. Это позволяет рассмотреть все возможные варианты работы узла. В соответствии с технологией работы участка Б.-С. – С. возможен прием поездов длиной более 85 условных вагонов следующим образом – одного поезда длиной в 100 условных вагонов и одного поезда длиной в 85 условных вагонов раз в 2 часа. Для этого предусмотрены пути номер 13 и 15 соответственно станции С. При соблюдении межпоездного интервала максимальное количество грузовых поездов данной категории составит 24 поезда в сутки. В связи с заданными условиями количество исходных вариантов будет определяться как 2^4 и будет иметь 16 исходных вариантов, представленных в таблице 3.1. Анализируя варианты, приведённые в таблице 3.1 необходимо сделать вывод о необходимости их объединения в группу по характеру имитационных экспериментов.

Таблица 3.1 – Возможные варианты моделирования железнодорожного узла С. в зависимости от приведенных условий за железнодорожные сутки

Количество электровозов постоянного тока в железнодорожном узле	Количество электровозов переменного тока в железнодорожном узле	Количество длинносоставных поездов, отправляемых в узел	Количество поездов длиной до 85 усл. вагонов, отправляемых в узел
Вариант 1			
Достаточное	Достаточное	Высокое	Высокое
Вариант 2			
Дефицит	Дефицит	Низкое	Низкое
Вариант 3			
Достаточное	Дефицит	Низкое	Низкое
Вариант 4			
Дефицит	Достаточное	Низкое	Низкое

Продолжение таблицы 3.1

Вариант 5			
Дефицит	Дефицит	Высокое	Низкое
Вариант 6			
Дефицит	Дефицит	Низкое	Высокое
Вариант 7			
Достаточное	Достаточное	Низкое	Низкое
Вариант 8			
Дефицит	Дефицит	Высокое	Высокое
Вариант 9			
Дефицит	Достаточное	Высокое	Низкое
Вариант 10			
Достаточное	Дефицит	Низкое	Высокое
Вариант 11			
Достаточное	Достаточное	Высокое	Низкое
Вариант 12			
Достаточное	Достаточное	Низкое	Высокое
Вариант 13			
Достаточное	Дефицит	Высокое	Высокое
Вариант 14			
Дефицит	Достаточное	Высокое	Высокое
Вариант 15			
Достаточное	Дефицит	Высокое	Низкое
Вариант 16			
Дефицит	Достаточное	Низкое	Высокое

Так из 16 исходных событий было выделено восемь основных вариантов.

Объединению подлежат следующие варианты, указанные в таблице 3.1:

- первый и четырнадцатый варианты: интенсивный поездопоток грузовых нечетных поездов при достаточном количестве электровозов переменного тока (вариант 7 таблицы 3.2);
- второй и третий варианты: незначительный поездопоток нечетных поездов при дефиците электровозов переменного тока (вариант 2 таблицы 3.2);
- четвертый и седьмой варианты: незначительные поездопоток нечетных поездов при избытке электровозов переменного тока (вариант 5 таблицы 3.2);

- пятый и пятнадцатый варианты: интенсивный поездопоток нечетных поездов, состоящий из длинносоставных поездов, при незначительном количестве электровозов переменного тока (вариант 3 таблицы 3.2);
- шестой и десятый варианты: интенсивный поездопоток нечётных грузовых поездов длиной до 85 условных вагонов при дефиците электровозов переменного тока (вариант 1 таблицы 3.2);
- восьмой и тринадцатый варианты: интенсивный поездопоток нечетных грузовых поездов при дефиците электровозов переменного тока (вариант 4 таблицы 3.2);
- девятый и одиннадцатый варианты: интенсивный поездопоток нечетных грузовых длинносоставных поездов при достаточном количестве электровозов переменного тока (вариант 8 таблицы 3.2);
- двенадцатый и шестнадцатый варианты: интенсивный поездопоток нечетных грузовых поездов, состоящий из грузовых поездов длиной до 85 условных вагонов при достаточном количестве локомотивов переменного тока (вариант 6 таблицы 3.2).

Недостаток или избыток электровозов постоянного тока влияет на продвижение поездов от станции Б.-Л. до станции С. В случае наличия инфраструктурных ограничений в порядке регулировки электровозы переменного тока заказываются в составе резервных локомотивов диспетчерским аппаратом. Следовательно, на продвижение нечетных поездов в узел С. влияет наличие локомотивов переменного тока [5].

При задании электровозов переменного и постоянного тока в узле учитывались внешние факторы: интенсивность поступающего поездопотока, межпоездные интервалы длинносоставных поездов, занятость приёмо-отправочных путей в каждом из узлов, а так же необходимость определения узких мест на ст. С. [5, 7].

Таблица 3.2 – Объединенные варианты моделирования железнодорожного узла С. в зависимости от приведенных условий за железнодорожные сутки

Количество электровозов постоянного тока в железнодорожном узле	Количество электровозов переменного тока в железнодорожном узле	Количество длинносоставных поездов, отправляемых в узел	Количество поездов длиной до 85 усл. вагонов, отправляемых в узел
Вариант 1			
6	2	5	55
Вариант 2			
7	3	5	5
Вариант 3			
8	4	25	6
Вариант 4			
5	2	26	59
Вариант 5			
5	10	5	5
Вариант 6			
5	10	5	63
Вариант 7			
8	10	29	46
Вариант 8			
7	9	31	7

При проведении имитационных экспериментов в первых и четвёртых вариантах наблюдается существенная нехватка локомотивов переменного тока. Это влияет на возможность приема нечётных длинносоставных поездов узлом в соответствии с таблицей 3.1 и 3.2. При этом самый большой простой грузового поезда на участке между двумя узлами составил более 3 часов. Суммарное время потерь поездо-часов на участке составило более 15 поездо-часов. Согласно системе ИМЕТРА, не обеспечен прием 82 поездов в 1 варианте и 303 поездов во втором за 15 имитационных суток. Значительны простои поездов в системе – 33,71 часа в узле Б.-С. в 1 варианте. Фрагменты графика исполненного движения, загрузки систем станции и графика исполненной работы представлены на рисунках 3.4 – 3.35.

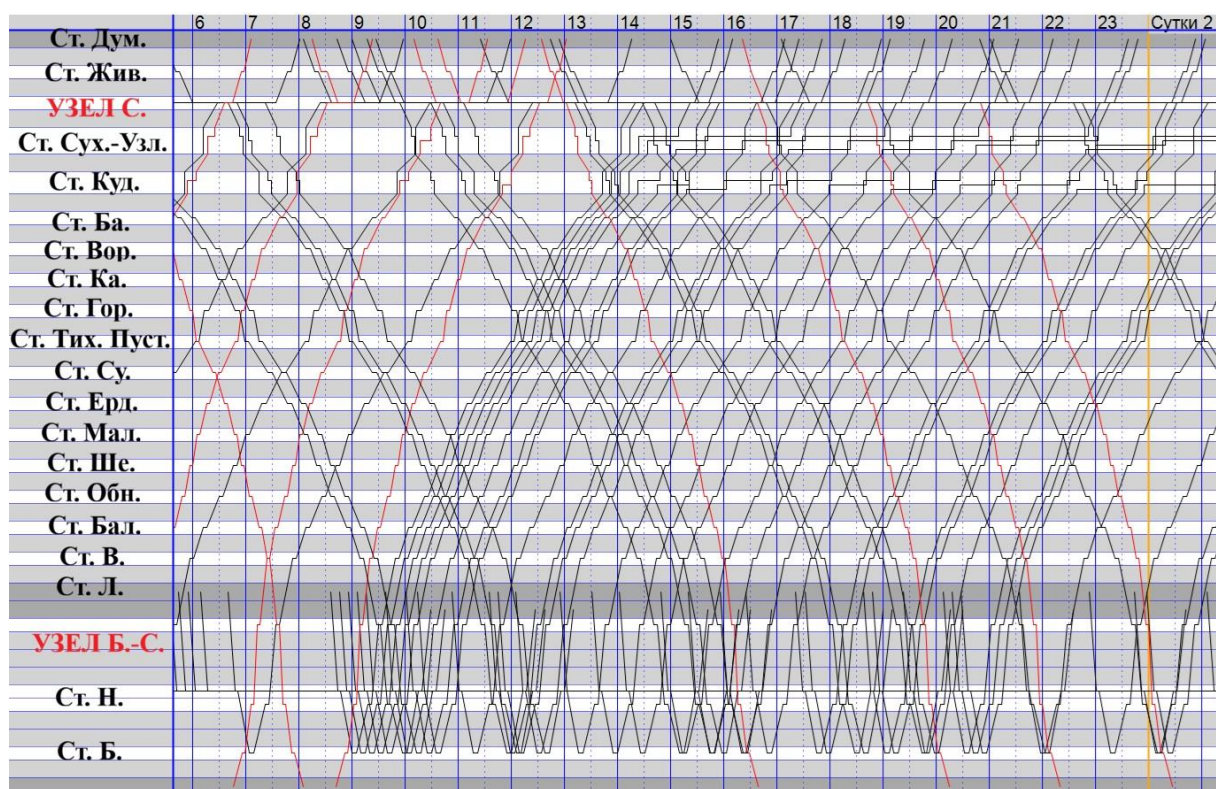


Рисунок 3.4 – График исполненного движения 1 имитационного варианта

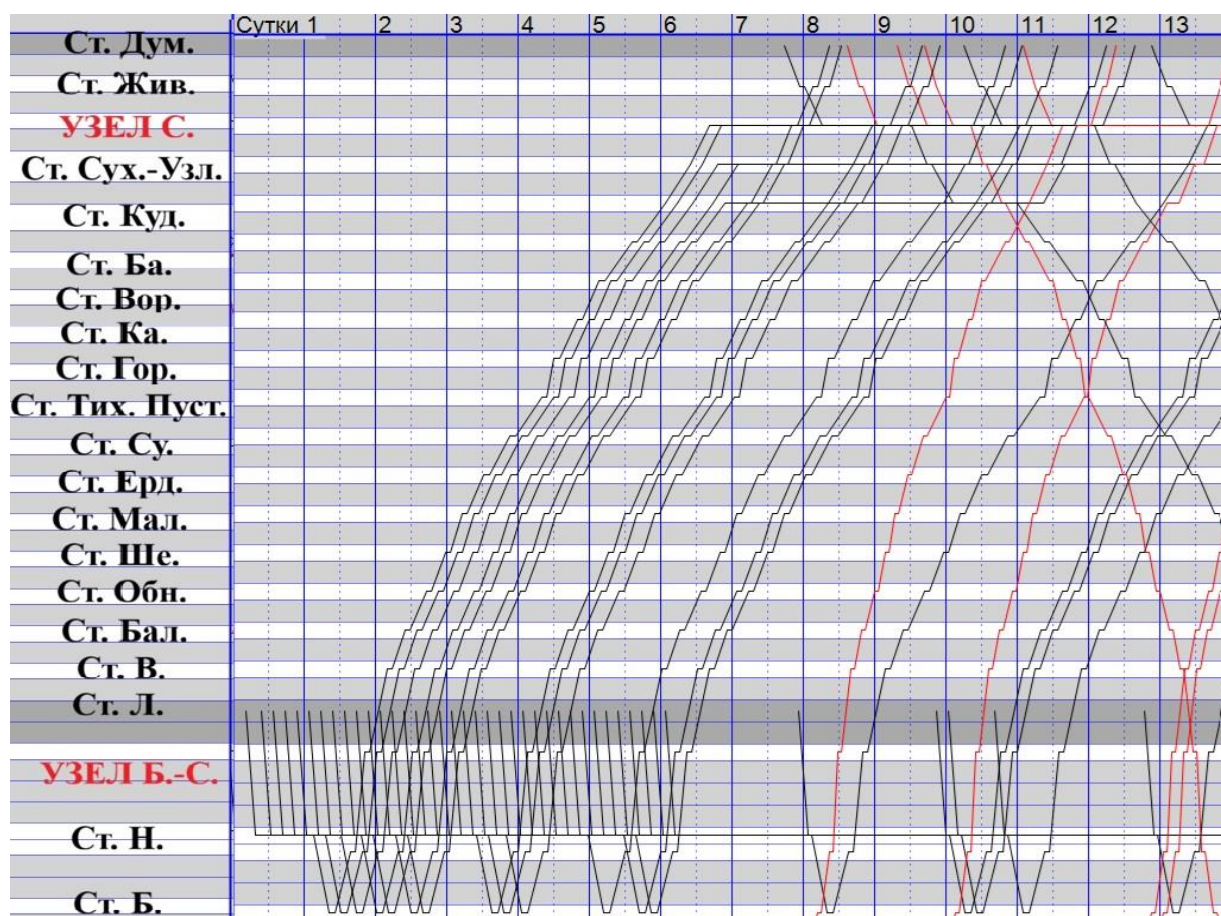


Рисунок 3.5 – График исполненного движения 4 имитационного варианта

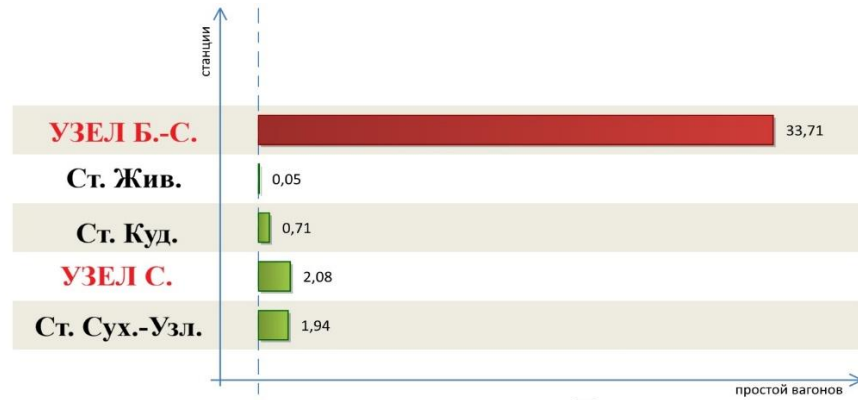


Рисунок 3.6 – Загрузка станций и элемента системы 1 имитационного варианта

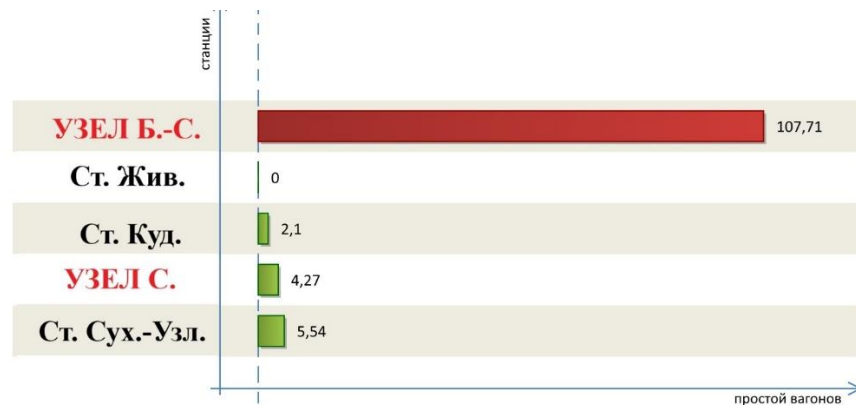


Рисунок 3.7 – Загрузка станций и элемента системы 4 имитационного варианта

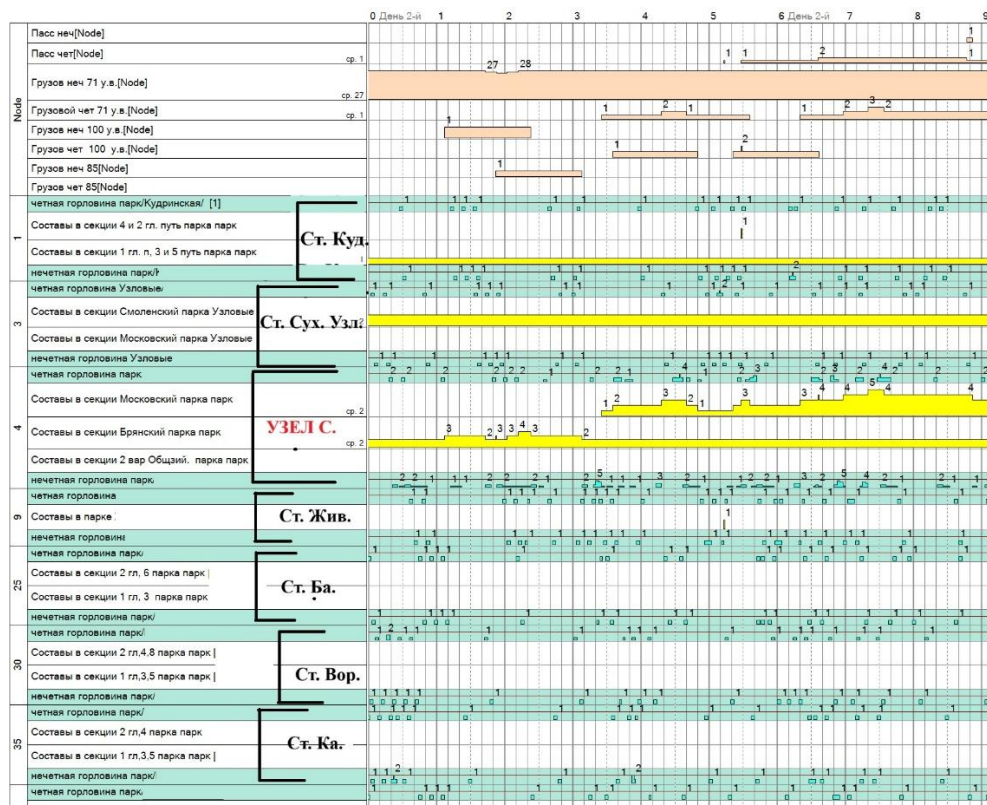


Рисунок 3.8 – График исполненной работы узла С. 1 имитационного варианта

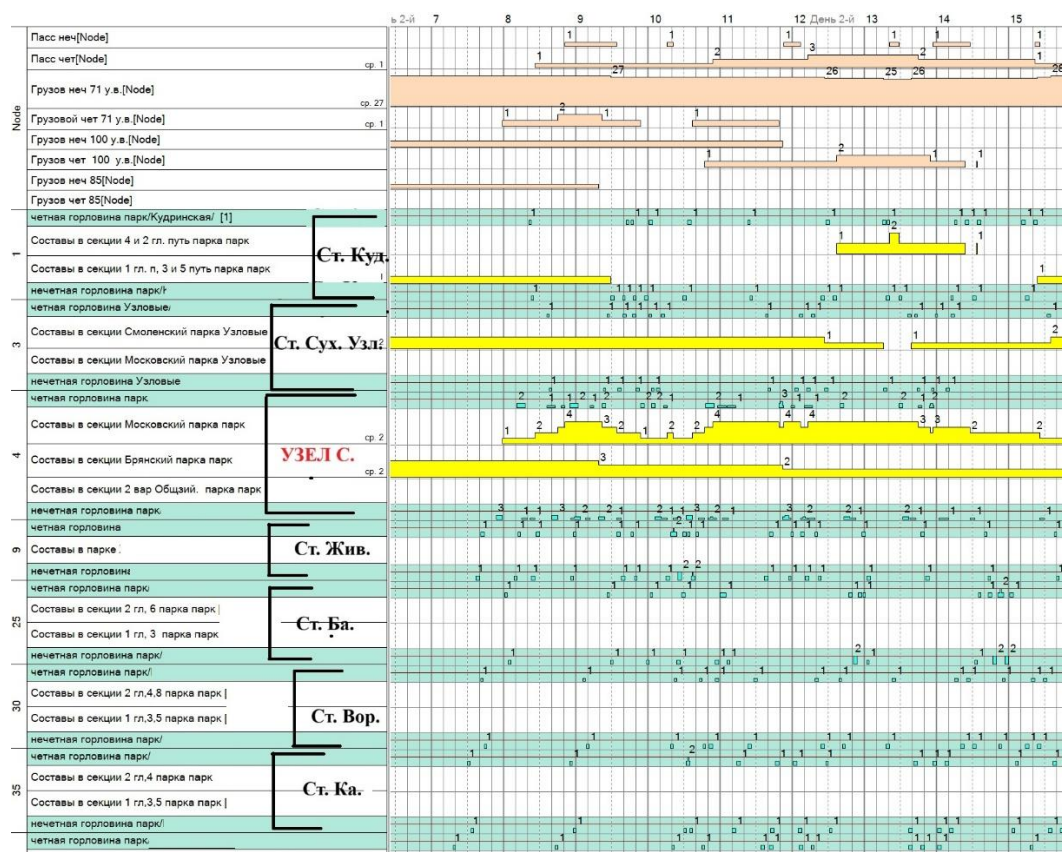


Рисунок 3.9 – График выполненной работы узла С. 4 имитационного варианта

Прибыло / Отправлено по системе

параметр	кол-во
Прибыло поездов в систему	43
Отправлено поездов из системы	43.9
Количество непринятых поездов в систему	81.6

Рисунок 3.10 – Количество принятых, отправленных поездов в систему 1 имитационного варианта

Прибыло / Отправлено по системе

параметр	кол-во
Прибыло поездов в систему	18.5
Отправлено поездов из системы	18.6
Количество непринятых поездов в систему	302.9

Рисунок 3.11 – Количество принятых, отправленных поездов в систему 4 имитационного варианта

Во втором варианте имитационного моделирования наблюдается примерный баланс поездных локомотивов в узле, потери поездо-часов на участке между двумя узлами и загрузка самого узла минимальны. Это подтверждается тем, что количество непринятых поездов равно 0. Простой грузовых поездов в узлах минимальны – не более 1 часа в ожидании локомотива. Фрагменты графика исполненного движения, загрузки систем станции и графика исполненной работы изображены на рисунках 3.12 – 3.15.

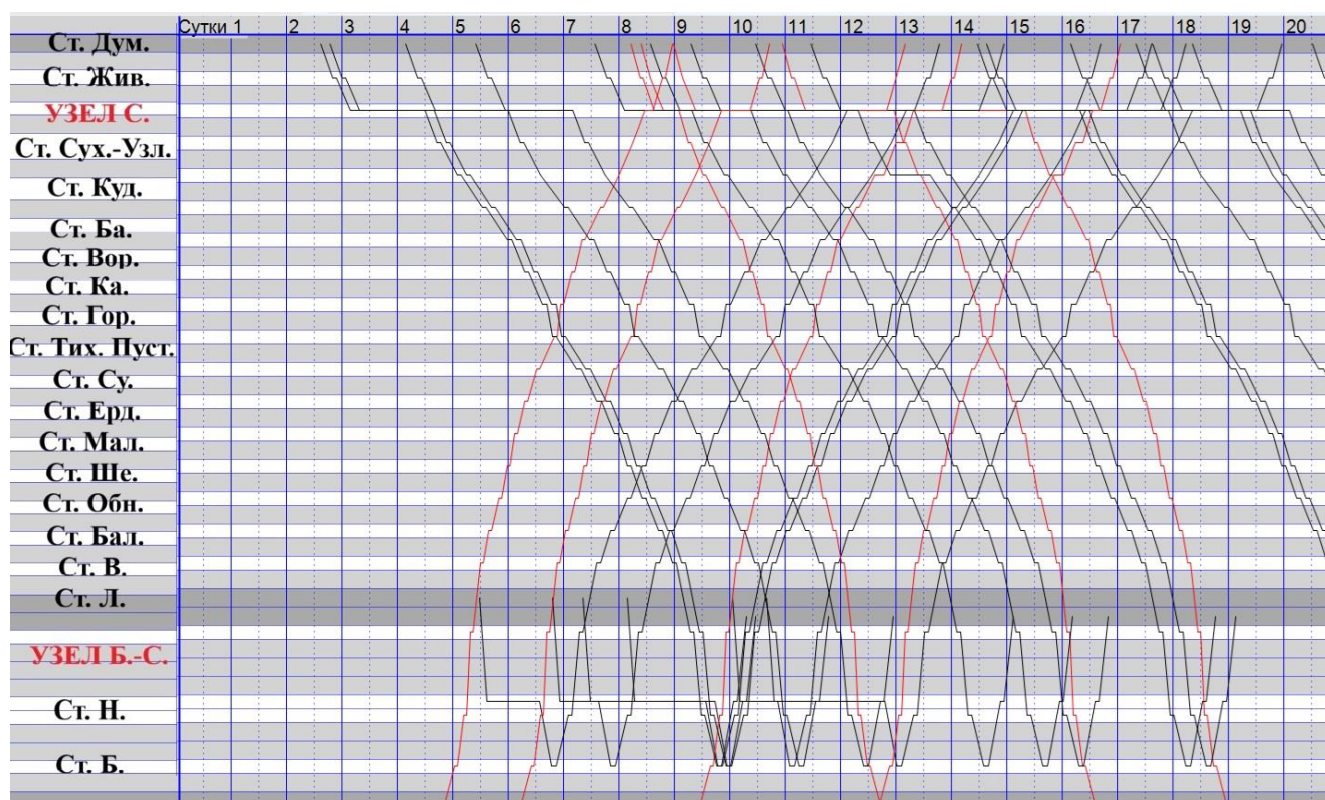


Рисунок 3.12 – График исполненного движения 2 имитационного варианта

Прибыло / Отправлено по системе

параметр	кол-во
Прибыло поездов в систему	31
Отправлено поездов из системы	31.1
Количество непринятых поездов в систему	0

Рисунок 3.13 – Количество принятых, отправленных поездов в систему 2 имитационного варианта

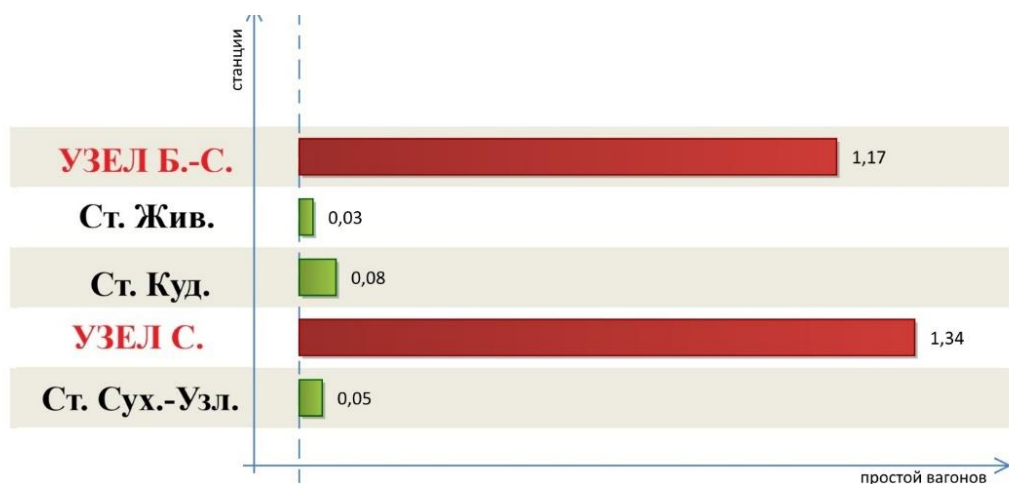


Рисунок 3.14 – Загрузка станций и элемента системы 2 имитационного варианта

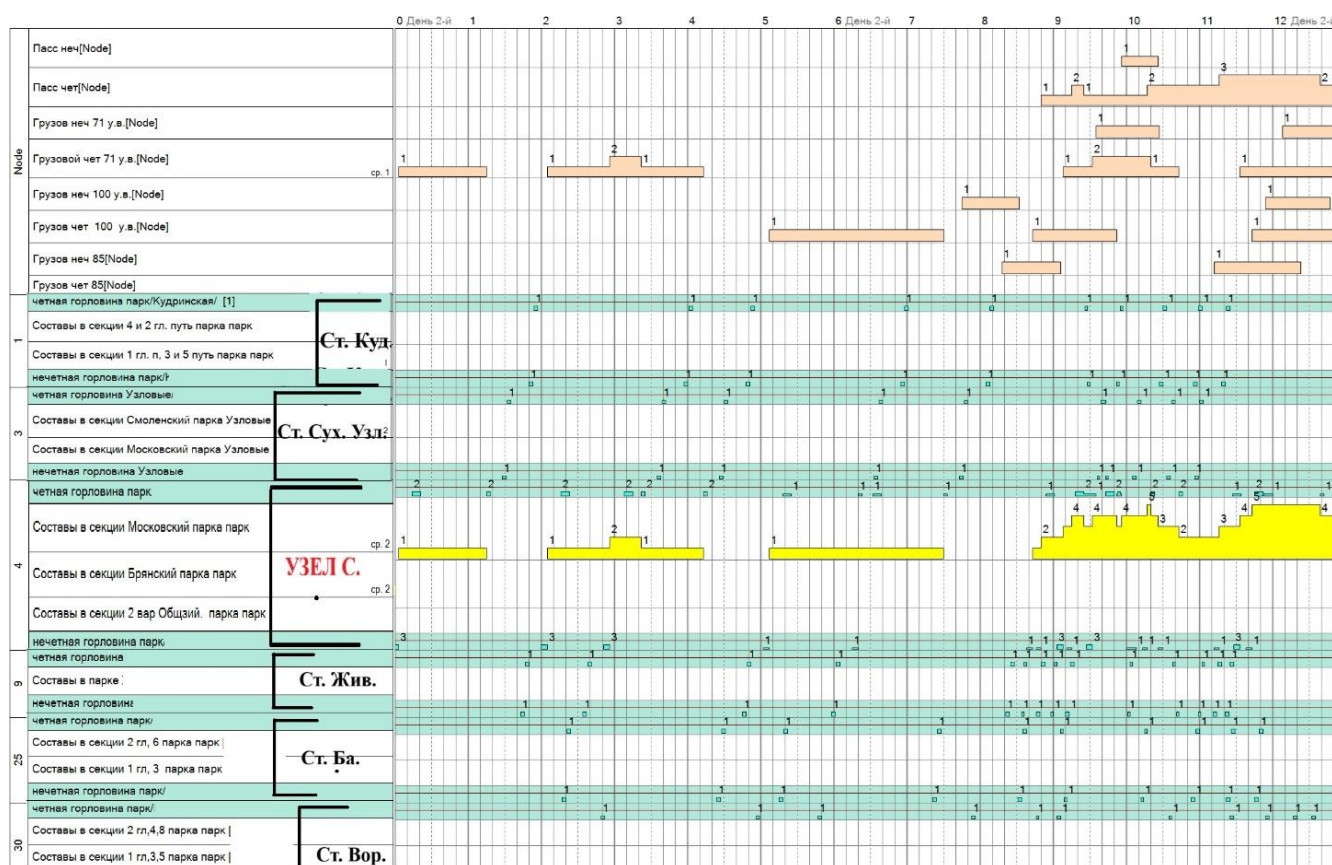


Рисунок 3.15 – График исполненной работы узла С. 2 имитационного варианта

Третий вариант имитационного моделирования работы участка в системе ИМЕТРА показал, что данный характер входящего поездопотока при нарушении межпоездного интервала создает наибольшие потери поездо-часов на участке. В данной диссертации этому исследованию посвящена вторая и четвёртая главы. Данный пример имитационного моделирования наглядно показывает, что в случае

наличия инфраструктурных ограничений необходимо разграничивать входящий поездопоток. Это минимизирует экономические, временные и другие затраты. Количество не принятых поездов в систему – 56 поездов. Фрагменты графика исполненного движения, загрузки систем станции и графика исполненной работы изображены на рисунках 3.16 – 3.19.

Прибыло / Отправлено по системе

параметр	кол-во
Прибыло поездов в систему	17.9
Отправлено поездов из системы	18.4
Количество непринятых поездов в систему	55.8

Рисунок 3.16 – Количество принятых, отправленных поездов в систему 3 имитационного варианта

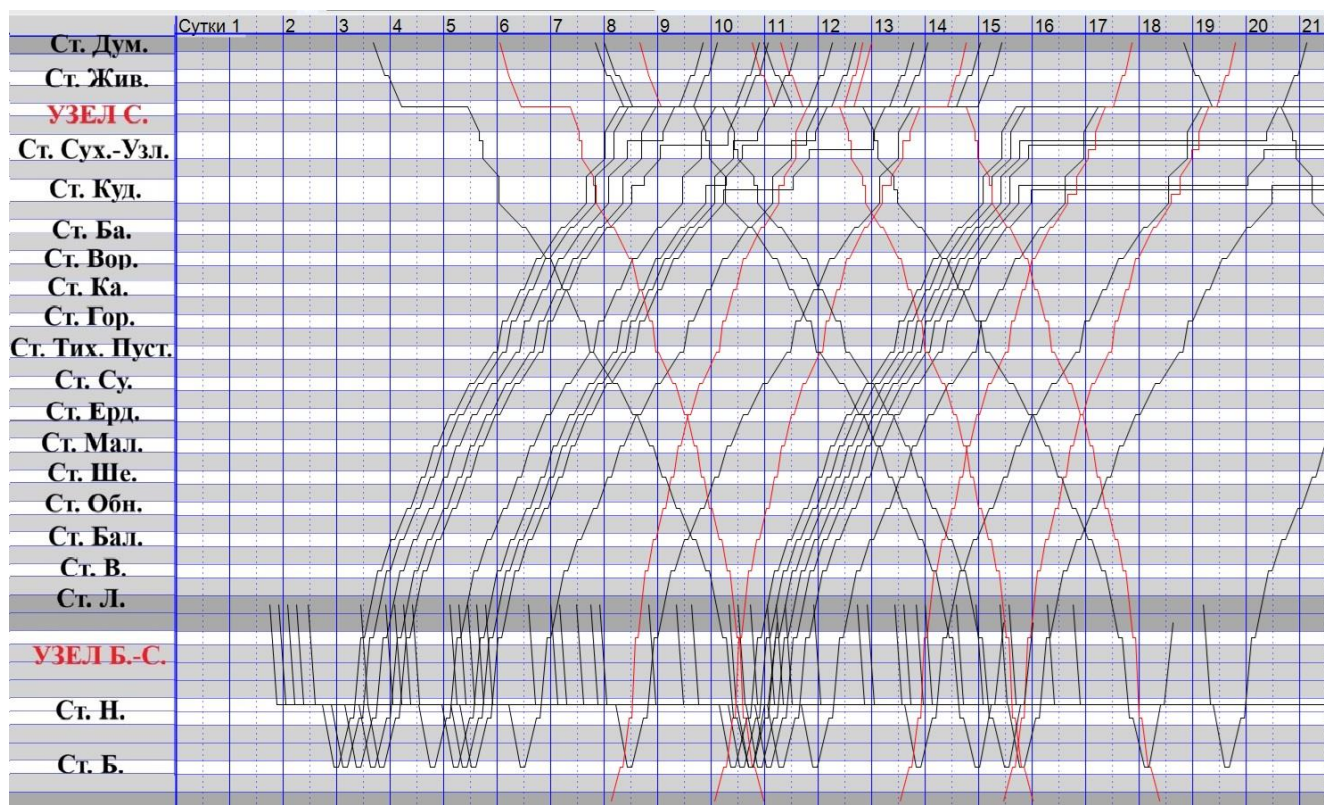


Рисунок 3.17 – График исполненного движения 3 имитационного варианта

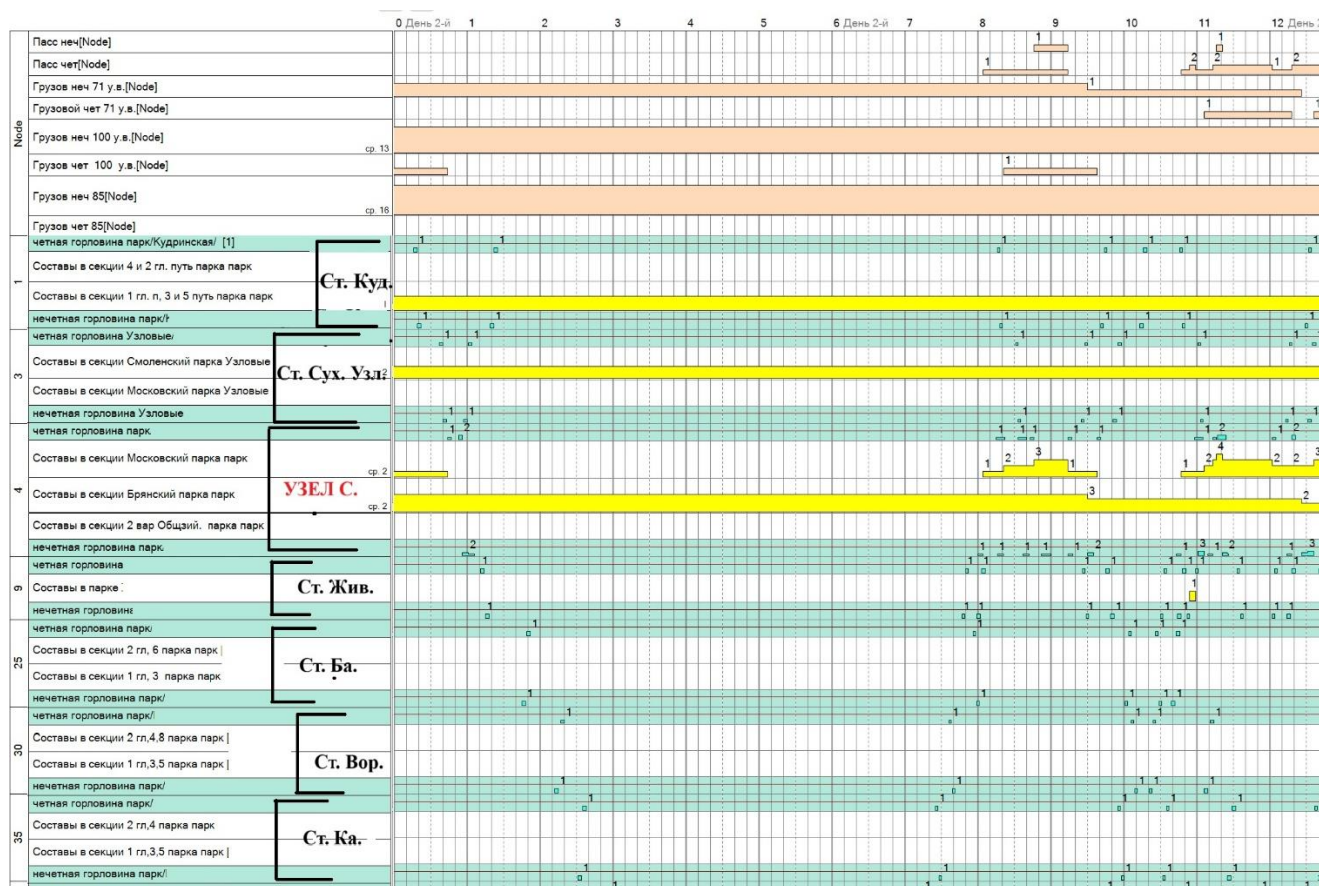


Рисунок 3.18 – График исполненной работы узла С. 3 имитационного варианта

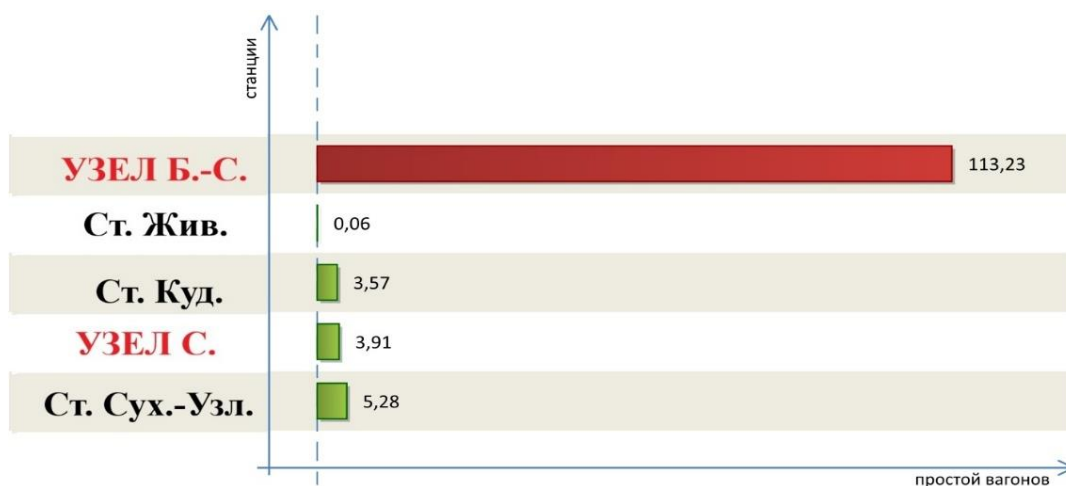


Рисунок 3.19 – Загрузка станций и элемента системы 3 имитационного варианта

В проведённом исследовании результаты необходимо разделить на два варианта – избыток поездных локомотивов в узле (варианты пять, шесть, семь, восемь таблицы 3.2) и их недостаток (варианты один, два, три, четыре таблицы 3.2). Неравномерный поездопоток четвёртого и седьмого вариантов создают максимальную загрузку железнодорожного узла. Основное отличие в соответствии

с приведённым имитационным моделированием – наличие потребного парка поездных локомотивов в узле. Максимальный простой грузового поезда на линии в четвёртом варианте составил 4,5 часа, а в седьмом – примерно 4 часа. Фрагменты графика исполненного движения, загрузки систем станции и графика исполненной работы изображены на рисунках 3.20 – 3.23.

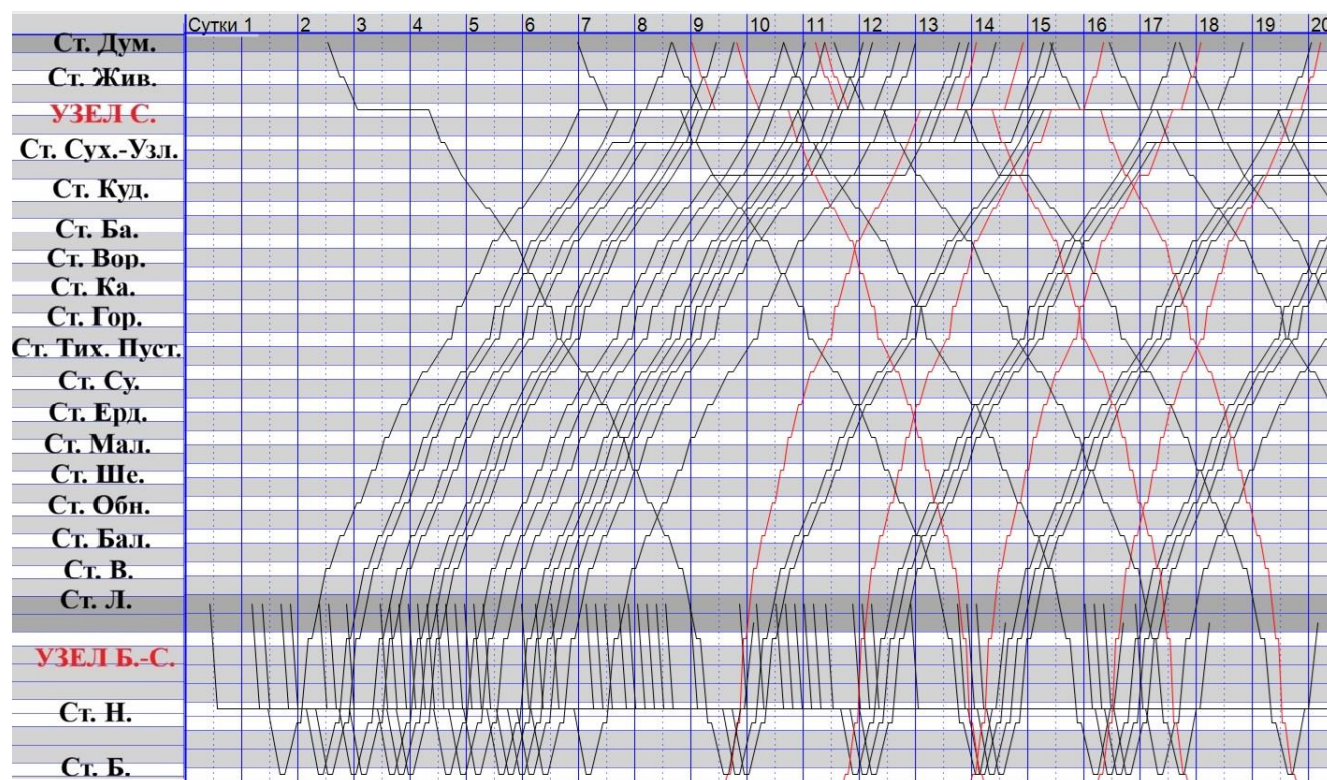


Рисунок 3.20 – График исполненного движения 7 имитационного варианта

параметр	кол-во
Прибыло поездов в систему	23.4
Отправлено поездов из системы	23.9
Количество непринятых поездов в систему	75.2

Рисунок 3.21 – Количество принятых, отправленных поездов в систему 7 имитационного варианта

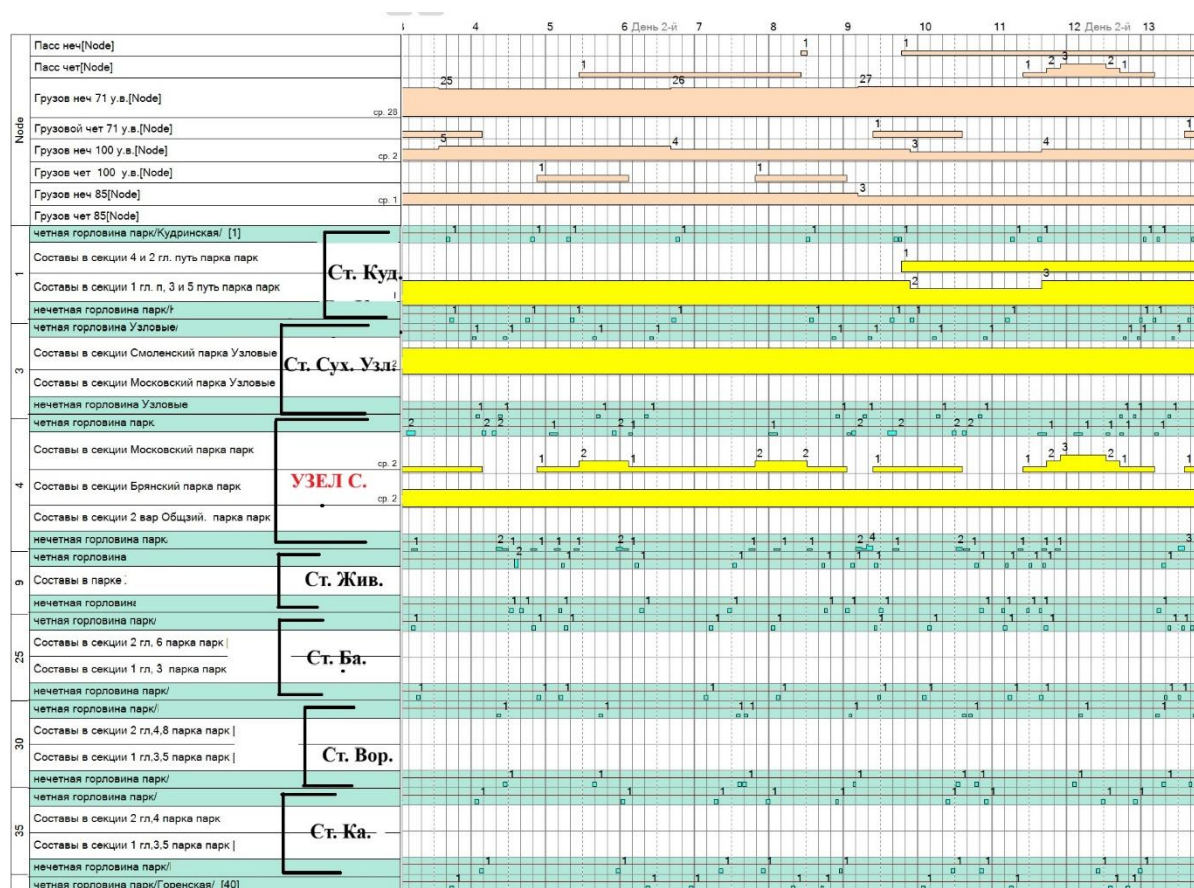


Рисунок 3.22 – График исполненной работы узла С. 7 имитационного варианта

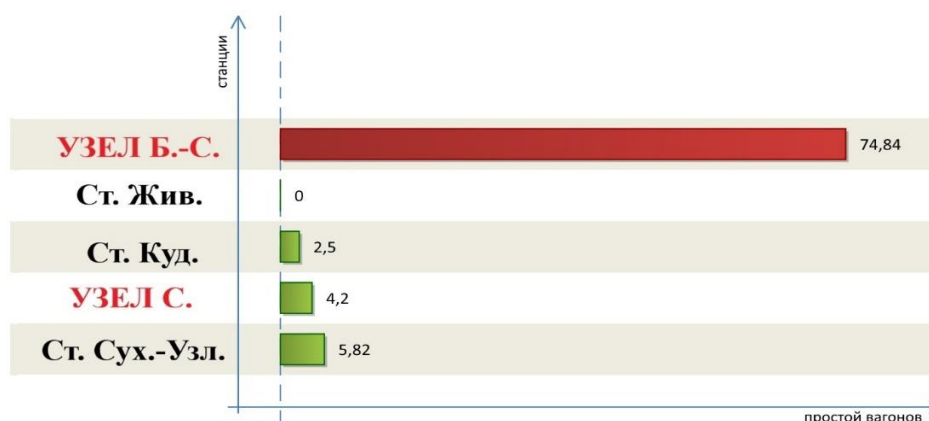


Рисунок 3.23 – Загрузка станций и элемента системы 7 имитационного варианта

Основным отличием моделируемых ситуаций в рассматриваемых шестых и восьмых вариантах является преимущественный характер поездопотока длинносоставных поездов длиной более 85 усл. вагонов в восьмом варианте и поездов длиной менее 85 усл. вагонов в седьмом варианте. Из графика исполненного движения седьмого варианта, приведенного на рисунке 3.24, видно, что нарушение межпоездного интервала при следовании длинносоставных поездов

приводит к нарастанию потерь поездо-часов на участке. Из-за этого увеличился простой вагонов по станциям системы Б.-С. и составил 142,45 часа. Но в восьмом варианте этот показатель значительно снизился и составил 58,64 часа.

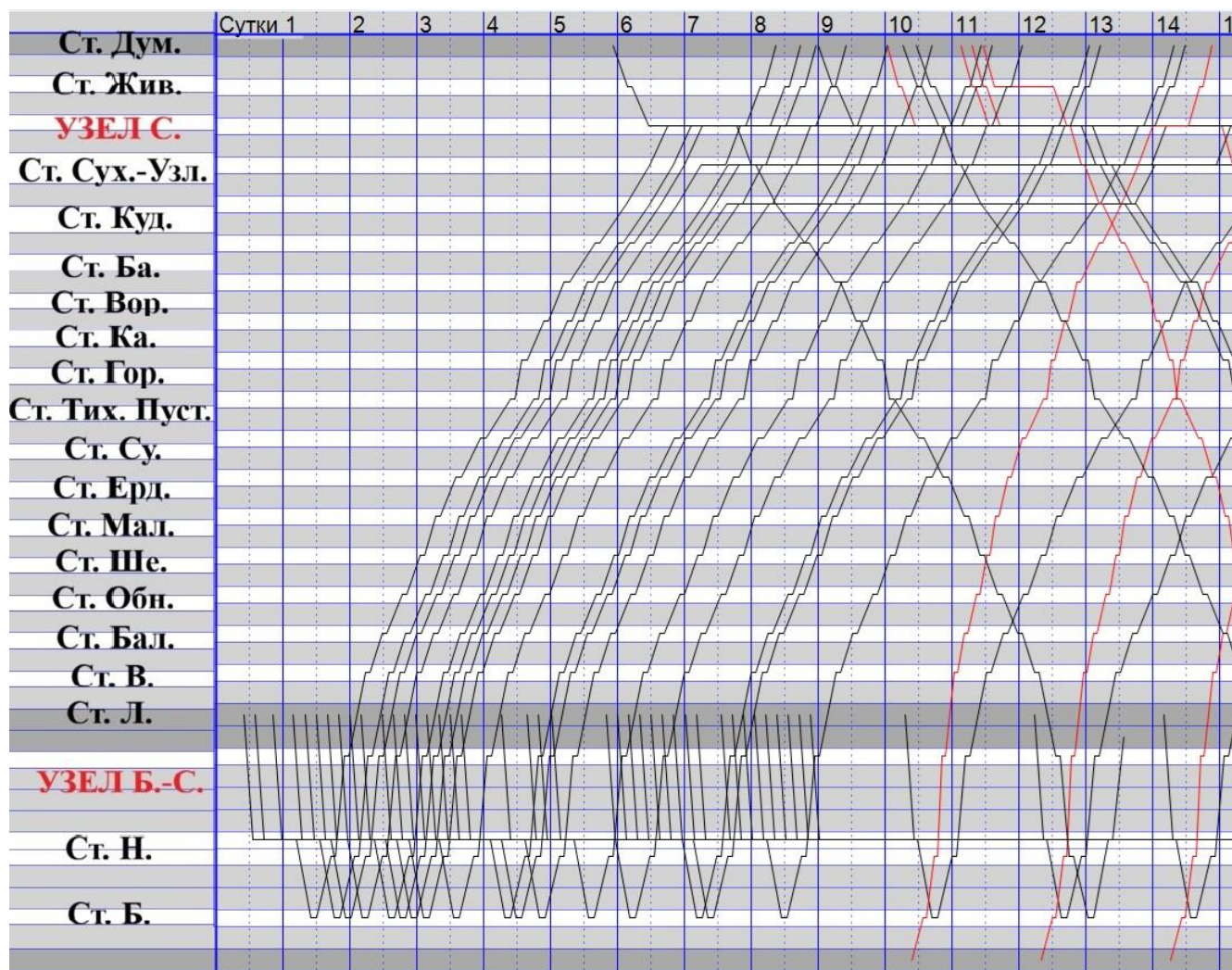


Рисунок 3.24 – График исполненного движения 6 имитационного варианта

Это в значительной мере оказывает влияние на бюджетные и другие показатели, а именно – на выполнение участковой скорости, среднесуточный пробег локомотивов, средний простой транзитных вагонов на технических станциях без переработки и др. Фрагменты графика исполненного движения, загрузки систем станции и графика исполненной работы шестого и восьмого вариантов изображены на рисунках 3.25 – 3.31.

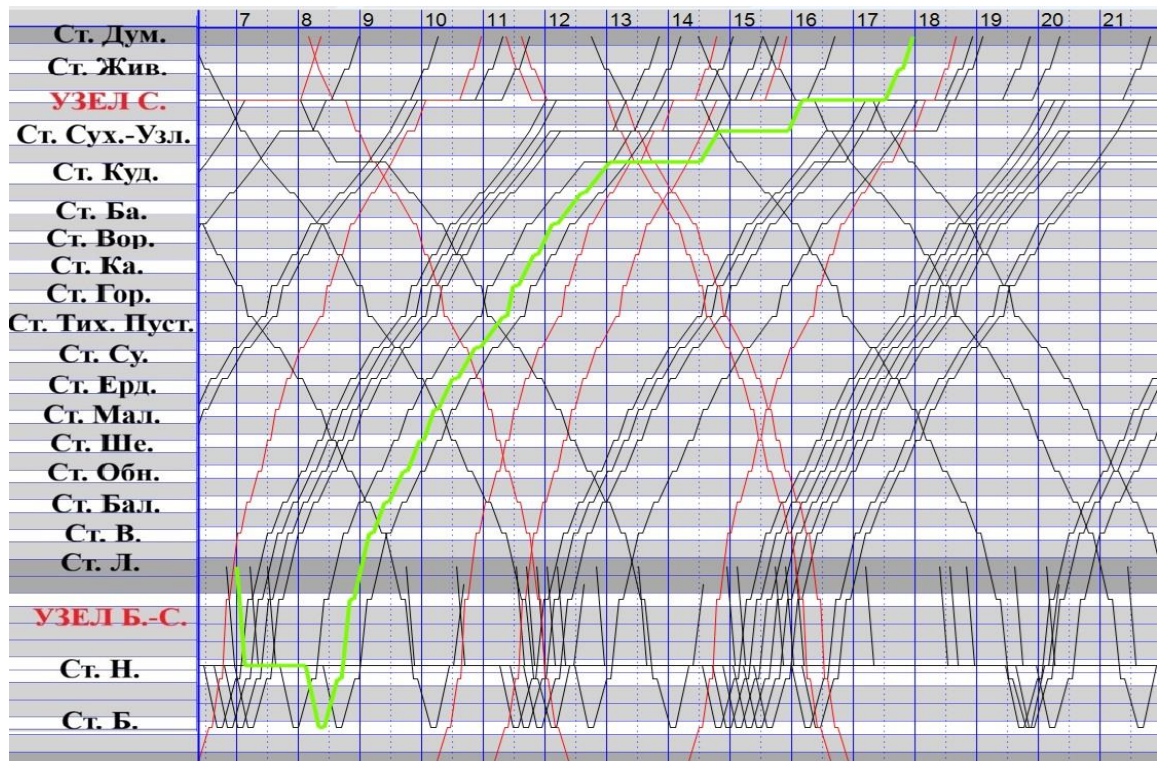


Рисунок 3.25 – График исполненного движения 8 имитационного варианта

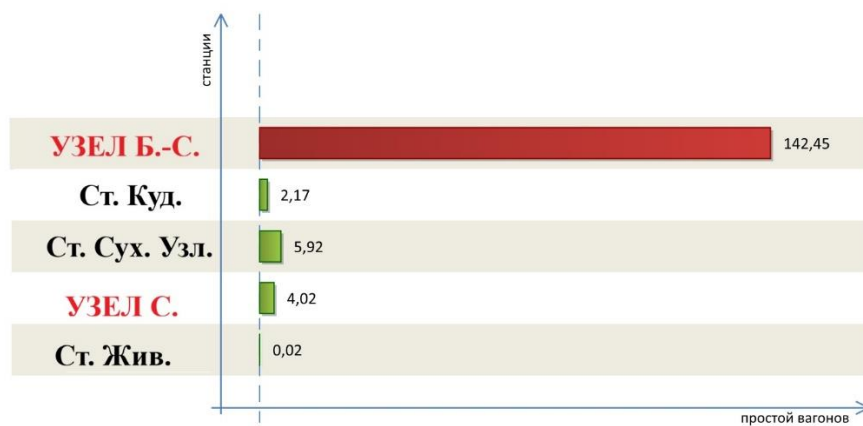


Рисунок 3.26 – Загрузка станций и элемента системы 6 имитационного варианта

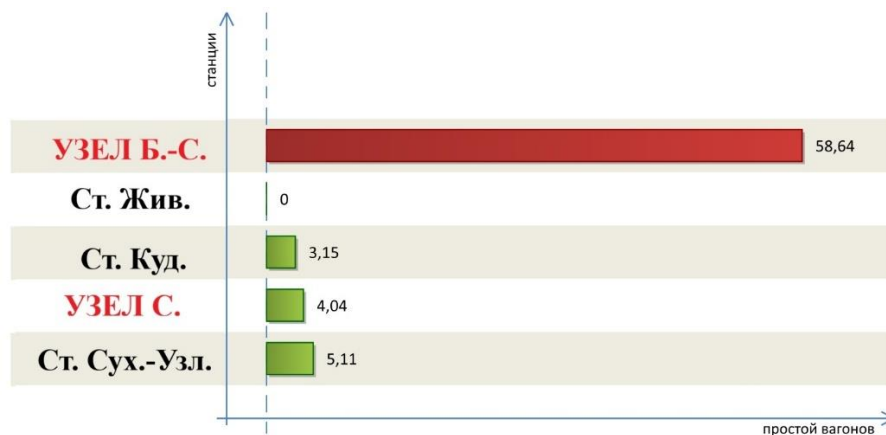


Рисунок 3.27 – Загрузка станций и элемента системы 8 имитационного варианта

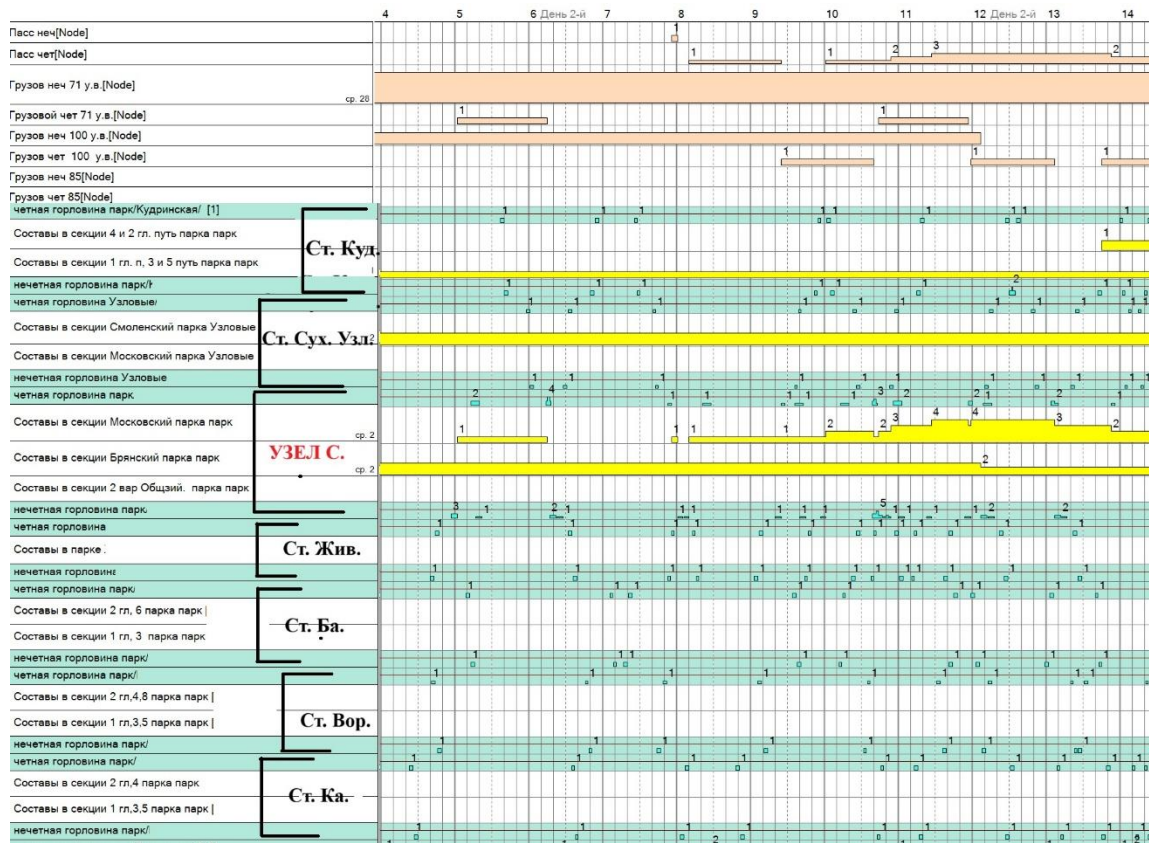


Рисунок 3.28 – График исполненной работы узла С. 6 имитационного варианта

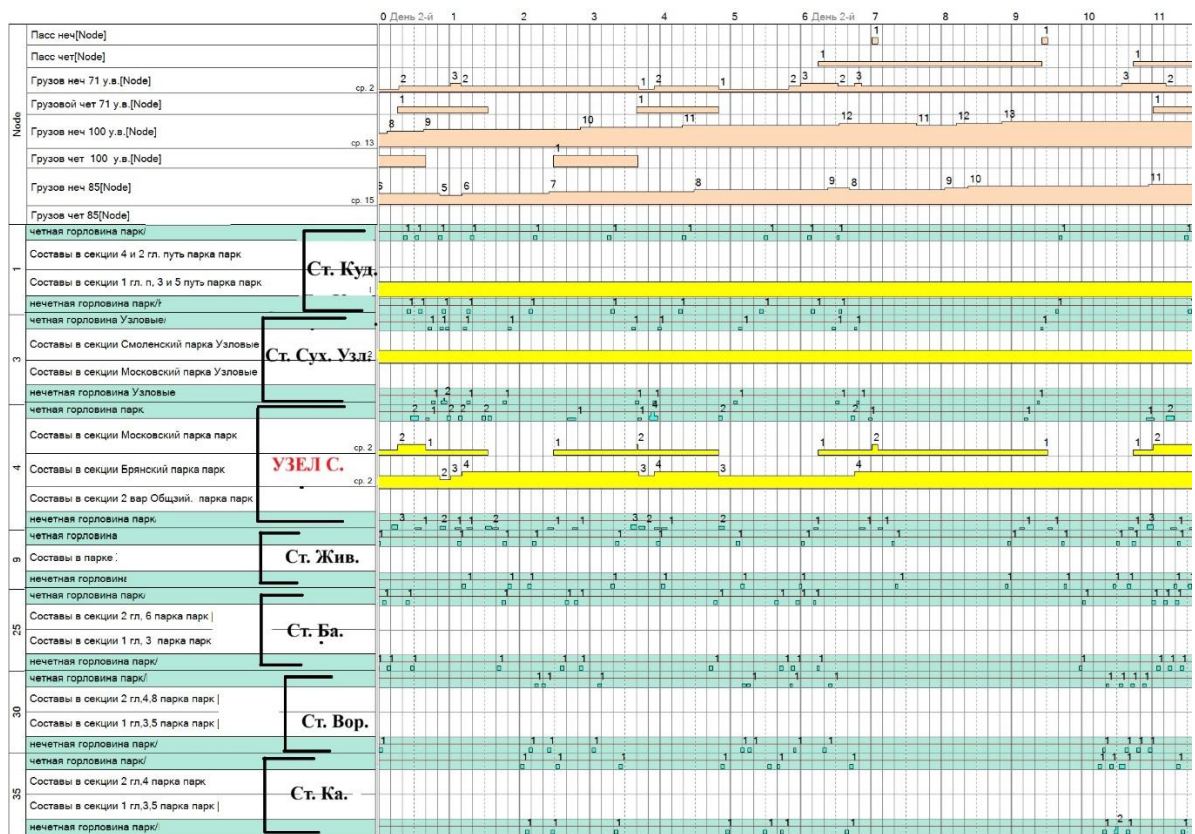


Рисунок 3.29 – График исполненной работы узла С. 8 имитационного варианта

параметр	кол-во
Прибыло поездов в систему	15.9
Отправлено поездов из системы	16
Количество непринятых поездов в систему	176

Рисунок 3.30 – Количество принятых, отправленных поездов в систему
6 имитационного варианта

параметр	кол-во
Прибыло поездов в систему	26.2
Отправлено поездов из системы	24.1
Количество непринятых поездов в систему	25.9

Рисунок 3.31 – Количество принятых, отправленных поездов в систему
8 имитационного варианта

В рассматриваемом пятом варианте наблюдается избыток поездных локомотив в железнодорожном узле С. Это единственный случай, когда во избежание дополнительных простоев необходимо формировать сплотки поездных локомотивов в порядке регулировки по согласованию с руководителями диспетчерского центра и направлять их в другие железнодорожные узлы, где наблюдается их дефицит. Простои поездов в узлах минимальны, количество непринятых в систему поездов равно 0. Фрагменты графика исполненного движения, загрузки систем станции и графика исполненной работы изображены на рисунках 3.32 – 3.35.

Прибыло / Отправлено по системе

параметр	кол-во
Прибыло поездов в систему	20.4
Отправлено поездов из системы	19.6
Количество непринятых поездов в систему	0

Рисунок 3.32 – Количество принятых, отправленных поездов в систему 5
имитационного варианта

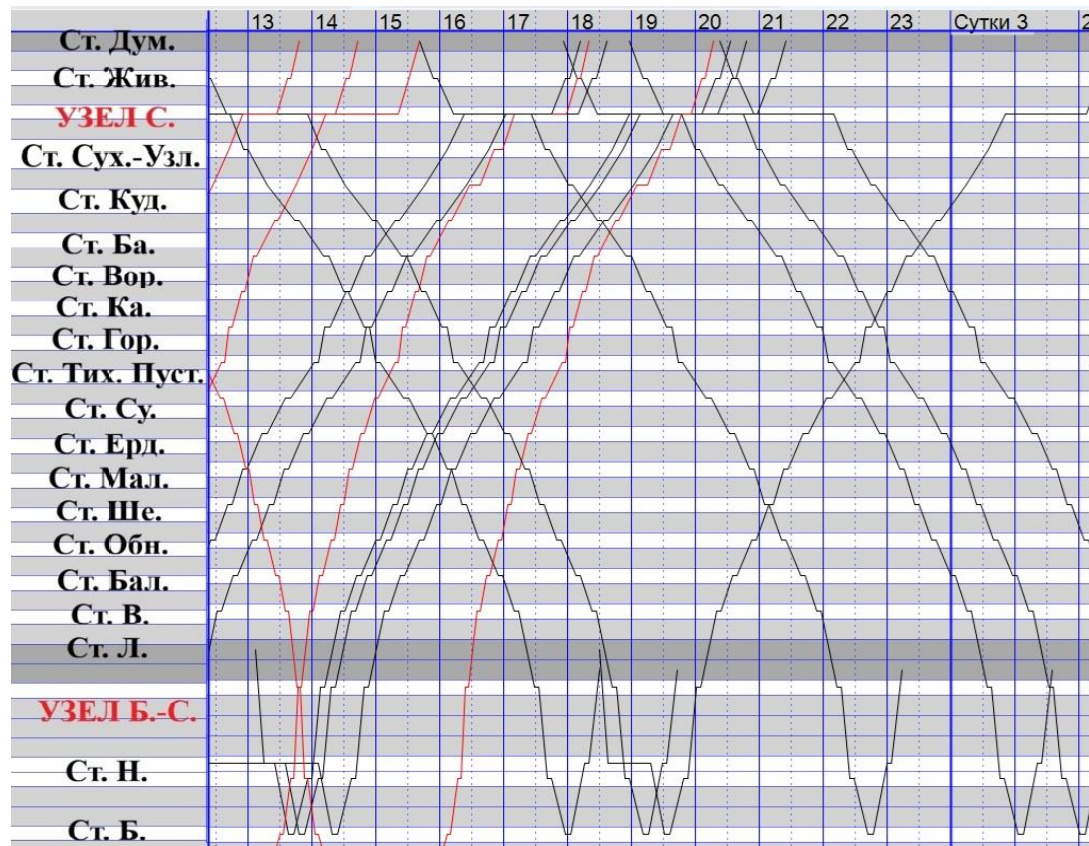


Рисунок 3.33 – График исполненного движения 5 имитационного варианта

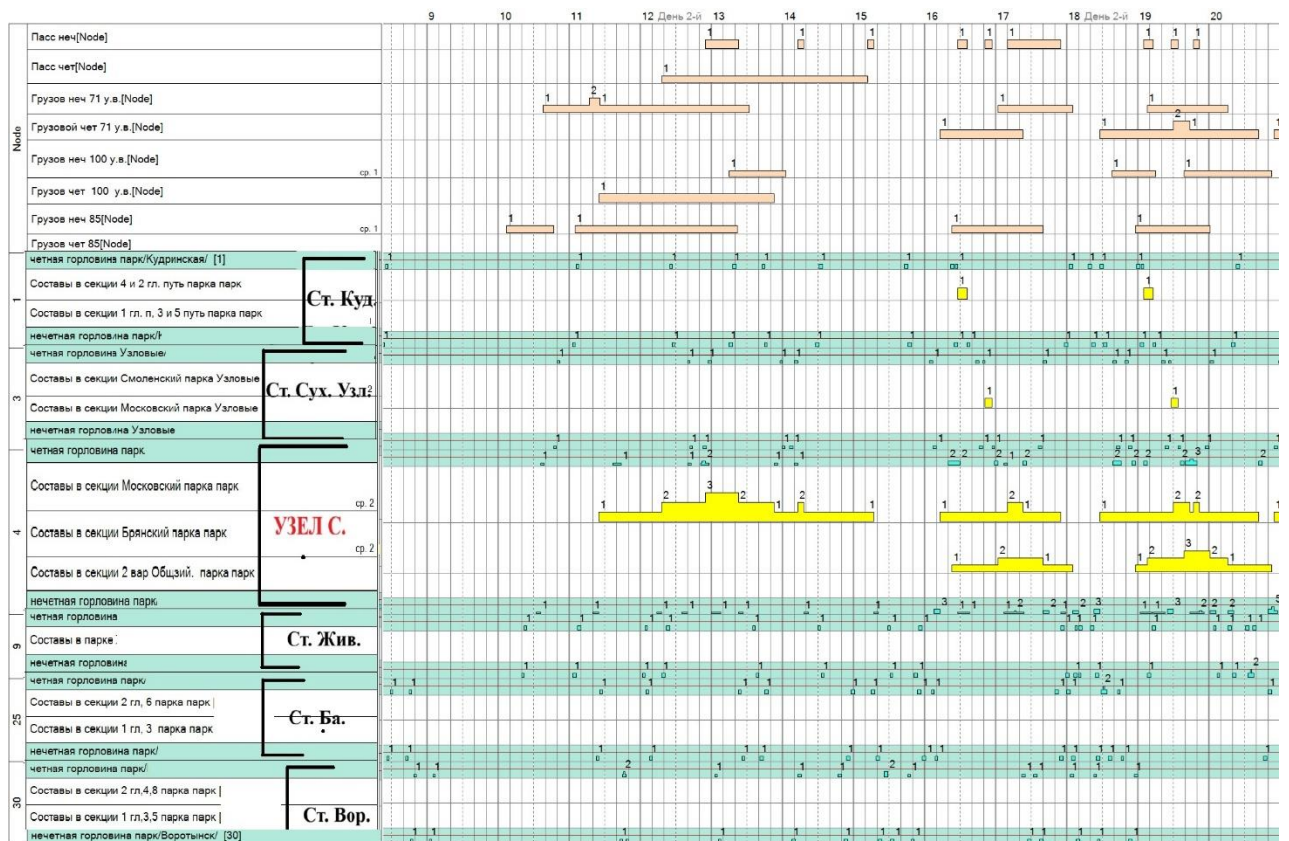


Рисунок 3.34 – График исполненной работы узла С. 5 имитационного варианта

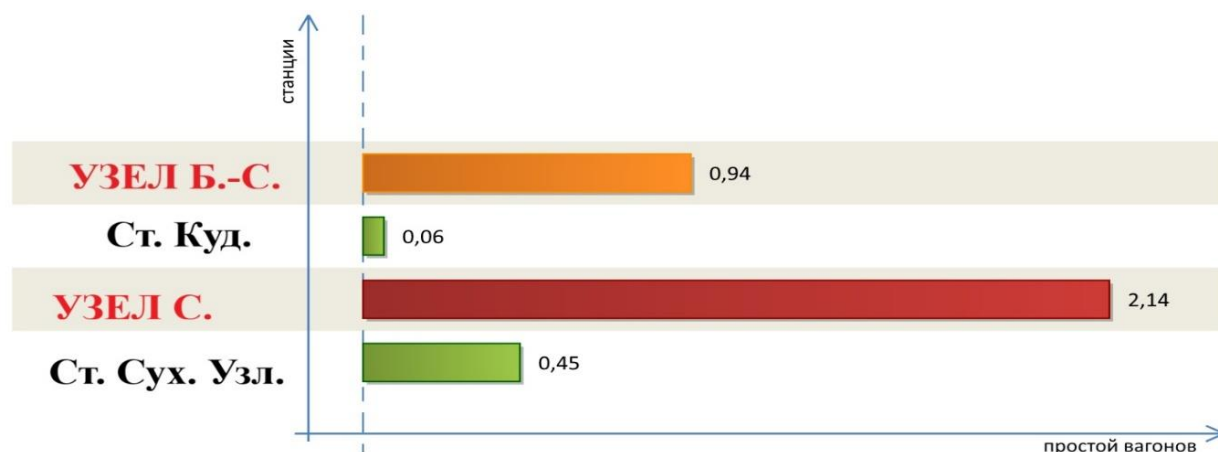


Рисунок 3.35 – Загрузка станций и элемента системы 5 имитационного варианта

Избыток поездных локомотивов постоянного ($N_{\text{пост.}}$) или переменного тока ($N_{\text{перем.}}$) наблюдается в двух случаях:

Первый вариант – избыток электровозов постоянного тока (3.1):

$$N_{\text{пост.}} > N_{\text{перем.}} \quad (3.1)$$

Когда количество поездов, следующих на локомотиве постоянного тока, превышает количество поездов, пребывающих в узел на переменном токе.

Второй вариант – избыток электровозов переменного тока (3.2):

$$N_{\text{пост.}} < N_{\text{перем.}} \quad (3.2)$$

В данном случае наблюдается преобладание входящего потока поездов, следующих на переменном токе.

Новизна данной имитационной модели заключается в определении баланса взаимодействия железнодорожных узлов, один из которых имеет инфраструктурные ограничения, при неоднородности путевого развития и разным количестве поездных локомотивов (рисунок 3.36).

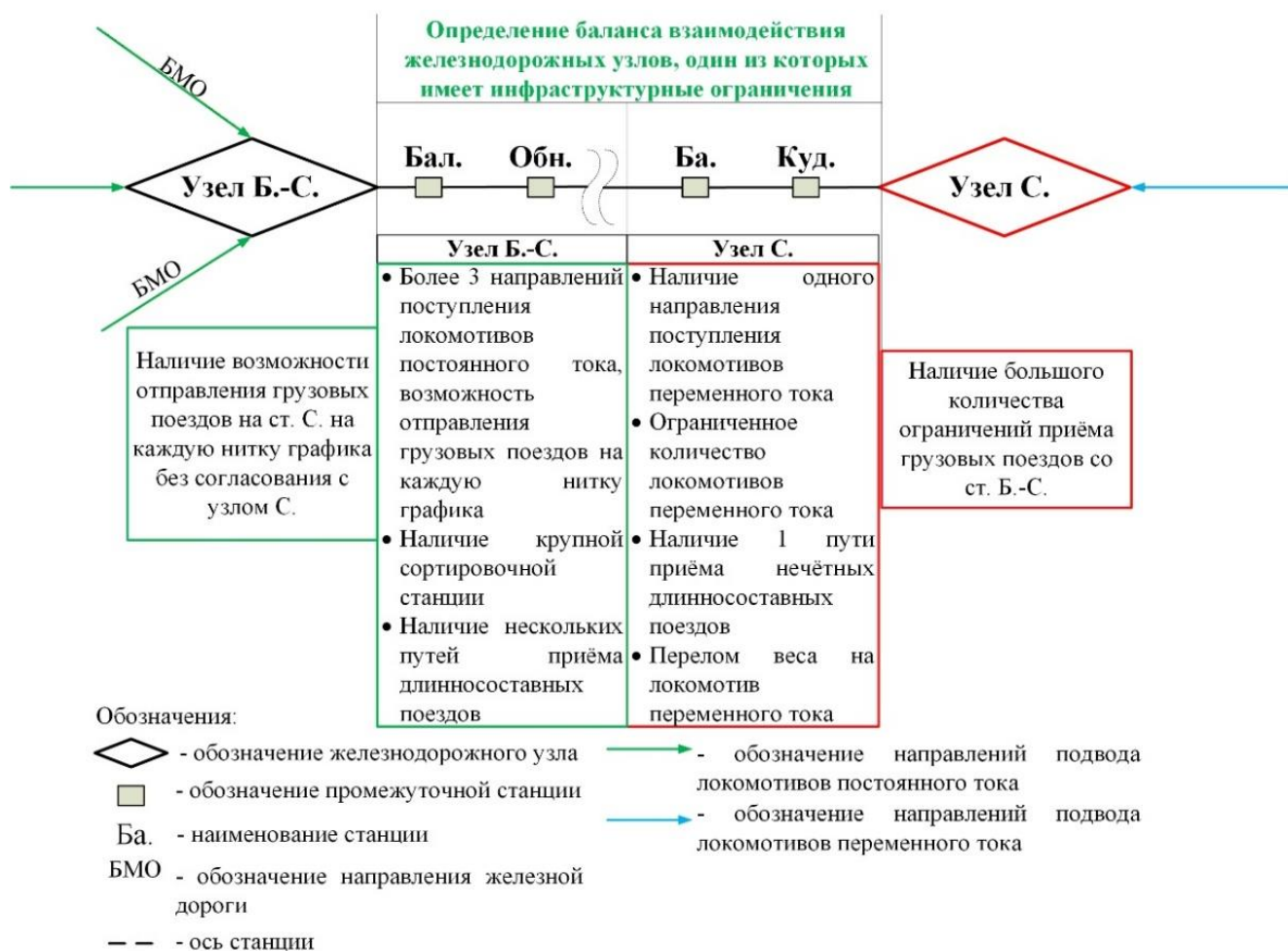


Рисунок 3.36 – Схематическое изображение новизны и практической значимости имитационной модели взаимодействия двух железнодорожных узлов

По результатам представленного имитационного исследования составлена таблица 3.3 [14]. В ней приведены основные особенности и характеристики загрузки по каждому из приведённых вариантов. Данные имитационные эксперименты еще раз наглядно подтверждают необходимость модернизации узловой инфраструктуры и путевого развития. Это увеличит пропускную способность системы и снизит временные и экономические затраты.

Таблица 3.3 – Особенности работы железнодорожного узла С. при изменении внешних параметров входящего потока

Номер варианта имитационной модели	Потери поезд- часов из-за неприёма железнодорож- ного узла	Загрузка ст. С.,%	Количество поездов, поступающих на ст. С. (в числителе- грузовые, в знаменателе- пассажирские), ед.	Простои вагонов по станциям (в числителе-ст. Б.- С., в знаменателе-ст. С.), час.	Наличие поездных локомотивов в железнодорож- ном узле С. (в числителе- эл. пост. тока, в знаменателе- эл. пер. тока), ед.	Количество непринятых поездов в железнодорожный узел С., ед.	Участковая скорость, км/ч
1	88,98	66,4	60 (5 ПД)/10	33,71/2,08	6/2	82	28,3
2	2,12	32,7	10 (5 ПД)/10	1,17/1,34	7/3	0	40,1
3	97,21	60,7	31 (25 ПД)/10	113,23/3,91	8/4	56	27,5
4	111,53	64,4	85 (26 ПД)/10	107,71/4,27	5/2	302	25,1
5	0,26	39,1	10 (5 ПД)/10	0,94/2,41	5/10	0	42,1
6	106,48	55,8	68 (5 ПД)/10	142,45/4,02	5/10	176	26,4
7	97,65	74,9	75 (29 ПД)/10	74,84/4,2	8/10	76	27,1
8	65,953	71,1	38 (31 ПД)/10	58,64/4,04	7/9	26	29,9

Примечание к таблице 3.3: 5ПД – количество длинносоставных поездов длиной более 85 усл. вагонов. Данные поезда включены в указанное в столбце число. Остальные поезда – меньшей длины (от 71 до 85 усл. вагонов).

3.3 Выводы по третьей главе

1. Для моделирования работы железнодорожных узлов и направления в условиях изменения входящего потока грузовых поездов применена система ИМЕТРА с построением имитационной схемы участка Б.-С. – С. Описаны 16 возможных вариантов моделирования работы железнодорожного узла С. с объединением их в 8 основных по параметрам моделирования. Наибольшие потери поезд-часов при следовании грузовых поездов выявлены в 4 варианте, описанном в таблице 3.2. Особенностью данного варианта моделирования является пакетный график следования 85 длинносоставных грузовых поездов в железнодорожный узел, имеющий инфраструктурные ограничения. Количество принятых в систему поездов составило 19 в среднем в сутки, а простой их из-за неприёма узла С. на рассматриваемом участке превысил суммарно 100 поезд-часов. На основании результатов анализа работы железнодорожного узла С., приведённого в таблице 3.3, необходимо сделать вывод, что наличие инфраструктурных ограничений – недостаточное количество путей приема длинносоставных поездов и несогласованное отправление данных поездов с нарушением межпоездного интервала, требует переустройства станции С., строительства дополнительных путей, а также определения экономической целесообразности формирования и отправления длинносоставных поездов в данный железнодорожный узел при достаточном количестве поездных локомотивов в железнодорожном узле Б.-С.

2. На основании анализа данных, приведенных в таблице 3.3, необходимо сделать вывод, что в случае неприёма железнодорожного узла С. увеличиваются простои готовых к отправлению поездов непосредственно в узле Б.-С. Так, в 3, 4 и 6 вариантах простой вагонов назначением в узел С. по ст. Б.-С. составил 113,23 часа, 107,71 часа и 142,45 часа соответственно [14]. Эта проблема также создается из-за отсутствия путей приема на промежуточных станциях. Следовательно, возрастает и количество поездов, не принятых на станцию С. В четвёртом имитационном варианте это количество составило 302 поезда за 15

имитационных суток. Выявлены зависимости потерь поездо-часов от количества факторов нарушения межпоездного интервала длинносоставных поездов при наличии существующих ограничений на примере четвертого имитационного варианта. Так, максимальное значение потерь поездо-часов в сутки определено в четвертом и шестом вариантах – 111,53 и 106,48 поездо-часов соответственно. Максимальная загрузка железнодорожного узла выявлена в седьмом имитационном варианте – 74,9%. Данная величина обусловлена высокой интенсивностью приема длинносоставных поездов с нарушением межпоездного интервала при достаточном количестве поездных локомотивов переменного тока в узле С. (проведение технологических операций по смене локомотива, прием и отправление поездов данной категории и другое) [14]. Так же не выполняется один из основных бюджетных показателей работы железной дороги – участковая скорость. В 4 варианте она имеет минимальное значение – 25,1 км/ч.

3. Новизна данной имитационной модели заключается в определении баланса взаимодействия железнодорожных узлов, один из которых имеет инфраструктурные ограничения, при неоднородности путевого развития и разном количестве поездных локомотивов. Так, на примере узла Б.-С. и узла С. необходимо отметить разное количество направлений поступления поездных локомотивов и, соответственно, их количество в железнодорожном узле. Применение данной имитационной модели позволит в дальнейшем определить характер поездопотока, который необходимо планировать к отправлению с крупных железнодорожных станций и наилучший вариант работы узла, основанный на наименьшей его загрузке, беспрепятственном приёме поездов соседним железнодорожным узлом, в том числе с учётом прогнозируемых перевозок. Это позволит выполнить тиражирование методики на других железнодорожных узлах отечественной железнодорожной сети.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЗАНЯТОСТИ ПРИЁМО-ОТПРАВОЧНЫХ ПУТЕЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО УЗЛА

4.1 Определение основных значений межпоездных интервалов грузовых поездов в месяцы максимальных перевозок

В данном разделе диссертации приведён подробный анализ возможности приема длинносоставных поездов в железнодорожный узел, имеющий ограниченное количество путей для приёма поездов, на примере узла С. Для этого были выбраны два месяца в 2023 году. В соответствии с диаграммой (рисунок 2.5) – это месяцы максимальных и минимальных перевозок (ноябрь и июнь соответственно).

Для составления полных и точных выводов о работе узла С. при поступлении поездопотока был сделан подробный анализ по следующим параметрам:

- анализ межпоездных интервалов прибытия грузовых поездов в узел С.;
- среднее время занятия приёмо-отправочных путей в железнодорожном узле;
- количество одновременно занятых приёмо-отправочных путей в железнодорожному узле в единицу времени;
- расчёт приведенных показателей на основании полученных данных согласно закону распределения.

Выполнен анализ основных показателей характера работы железнодорожного узла и параметров, связанных с движением грузовых поездов по участку. Результаты представлены в таблице 4.1. Приведенные в этой таблице параметры описаны в разных главах данного диссертационного исследования.

Таблица 4.1 – Сводная таблица показателей характера работы железнодорожного узла

Наименование позиций	Обозначение и расшифровка	Условия	Комментарии
$N_{\text{пост.}}$	Грузовые поезда, следующие на локомотивах постоянного тока	Локомотивы постоянного тока	$N_{\text{пост.}} > N_{\text{пер.}}$ – избыток электровозов постоянного тока
$N_{\text{пер.}}$	Грузовые поезда, следующие на локомотивах переменного тока	Локомотивы переменного тока	$N_{\text{пост.}} < N_{\text{пер.}}$ – избыток электровозов переменного тока
$I_{\text{ср}}$	Средний межпоездной интервал грузовых поездов	—	Необходим для расчёта $\Delta_{\text{ср}}$
$t_{\text{п-ч}}$	Потери поездочасов грузовых поездов на участке	—	Данный показатель позволяет сравнить экономическую эффективность пропуска грузовых поездов по участку в зависимости от категорий грузовых поездов с учетом стоянок потерь поездочасов

Выполнены сбор и обработка статистической информации по межпоездным интервалам прибытия грузовых поездов в узел С. Статистика среднего времени занятия приёмо-отправочного пути в железнодорожном узле, количество одновременно занятых приёмо-отправочных путей и расчёт экономической эффективности пропуска грузовых поездов по участку необходимы для работы предложенной программы, описанной в данном разделе диссертации. Среднее время занятия приёмо-отправочного пути показывает наиболее востребованные пути для приема грузовых поездов, «узкие места» на станции, в том числе с использованием имитационной программы ИМЕТРА. В таблице 4.2 представлен расчёт времени занятия путей с индивидуальными показателями в соответствии с законом распределения в месяцы максимальных и минимальных перевозок.

Наименование столбцов и формат таблиц 4.2 – 4.15 приводится из научных трудов [84] д.т.н., профессора Сотникова И.Б.

Таблица 4.2 – Интервалы прибытия в узел в июне

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	102	60	0,41	24,6	9217,006
121-240 (2-4 ч.)	91	180,5	0,365	65,8825	316,243
241-360 (4-6 ч.)	32	300,5	0,129	38,7645	1058,060
361-1320 (6-22 ч.)	24	840,5	0,096	80,688	38170,77
Итого поездов	249		1,0	$I_{cp}=209,935$	48762,079

Таблица 4.3 – Интервалы прибытия в узел в ноябре

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	59	60	0,332	19,92	13350,41
121-240 (2-4 ч.)	54	180,4	0,303	54,661	1945,483
241-360 (4-6 ч.)	46	360,5	0,2584	93,1532	2582,475
361-1260 (6-21 ч.)	19	870,5	0,1066	92,7953	39662,023
Итого поездов	178		1,0	$I_{cp}=260,5295$	57540,393

На рисунке 4.1 изображена гистограмма распределения интервалов прибытия поездов длиной до 84 вагонов в июне 2023 года. Где P – частость i -го разряда гистограммы, I_i – среднее значение разряда гистограммы.

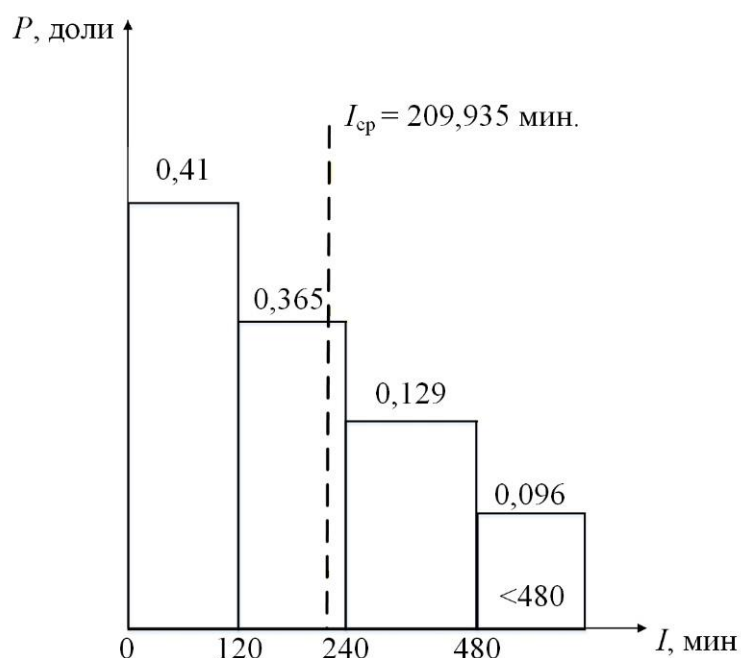


Рисунок 4.1– Гистограмма распределения интервалов прибытия грузовых поездов в июне

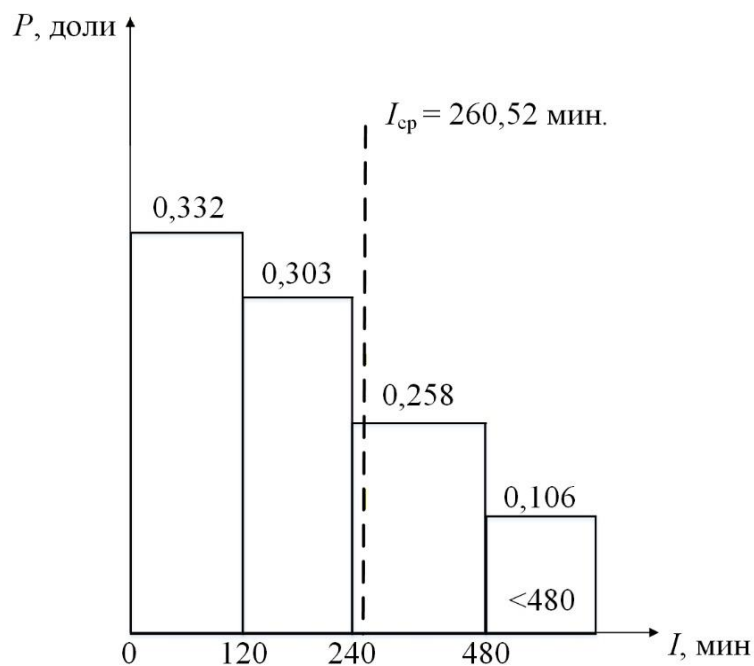


Рисунок 4.2 – Гистограмма распределения интервалов прибытия грузовых поездов в ноябре

В таблице 4.3 представлен расчёт времени занятия путей с индивидуальными показателями в соответствии с законом распределения в месяцы максимальных и минимальных перевозок. По данным таблиц 4.2 и 4.3 рассчитаны индивидуальные показатели на основании закона распределения согласно формулам 2.2 – 2.5:

- среднеквадратичное отклонение за июнь:

$$\sigma[I] = \sqrt{48762,079} = 220,8214 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение за ноябрь:

$$\sigma[I] = \sqrt{57540,393} = 239,857 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов за июнь:

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 209,935 + 3 \cdot 220,8214 = 872,3992 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов за ноябрь:

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 260,5295 + 3 \cdot 239,857 = 980,1005 \text{ мин.},$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия за июнь:

$$\nu[I] = \frac{220,8214}{209,935} = 1,05,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия за ноябрь:

$$\nu[I] = \frac{239,857}{260,5295} = 0,92.$$

Выполним подсчет среднего времени занятия путей в месяц минимальных перевозок (ноября) поездов длиной до 84 усл. вагонов. Данные расчётов приведены в таблицах 4.3 – 4.9.

Таблица 4.4 – Среднее время занятия 5 пути в ноябре

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	17	60	0,243	14,58	8764,7759
121-240 (2-4 ч.)	18	180,5	0,257	46,3885	1238,4645
241-360 (4-6 ч.)	29	300,5	0,414	124,407	1059,2140
361-1140 (6-19 ч.)	6	750,5	0,086	64,543	21550,038
Итого поездов	70		1	$I_{cp}=249,9185$	32612,492

Таблица 4.5 – Среднее время занятия 4 пути в ноябре

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	5	60	0,162	9,72	24804,86
121-240 (2-4 ч.)	7	180,5	0,225	40,6125	16499,96
241-360 (4-6 ч.)	3	300,5	0,0969	29,1184	2203,597
361-1080 (6-18 ч.)	16	720,5	0,5161	371,85005	37400,78
Итого поездов	31		1	$I_{cp}=451,301$	80909,218

Таблица 4.6 – Среднее время занятия 6 пути в ноябре

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	4	60	0,3334	20,004	58901,776
121-240 (2-4 ч.)	1	180,5	0,0833	15,03565	7488,07
241-360 (4-6 ч.)	1	300,5	0,0833	25,03165	2693,561
361-1320 (6-22 ч.)	6	840,5	0,5	420,25	64864,348
Итого поездов	12		1	$I_{cp}=480,3213$	133947,7549

Таблица 4.7 – Среднее время занятия 13 пути в ноябре

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	4	60	0,182	10,92	6002,6928
121-240 (2-4 ч.)	11	180,5	0,5	90,25	1867,1549
241-360 (4-6 ч.)	4	300,5	0,182	54,691	631,2032
361-900 (6-15ч.)	3	630,5	0,136	85,748	20568,124
Итого поездов	22		1	$I_{cp}=241,609$	29069,1756

Таблица 4.8 – Среднее время занятия 11 пути в ноябре

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	2	60	0,4	24	13003,236
241-360 (4-6 ч.)	2	300,5	0,4	120,2	1449,616
361-600 (6-10 ч.)	1	480,5	0,2	96,1	11539,208
Итого поездов	5		1	$I_{cp}=240,3$	25992,06

Таблица 4.9 – Среднее время занятия 15 пути в ноябре

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	2	60	0,1818	10,908	23970,40
121-240 (2-4 ч.)	1	180,5	0,091	16,4255	5356,31
241-360 (4-6 ч.)	3	300,5	0,2727	81,94635	4099,697
361-1020 (6-17 ч.)	5	690,5	0,4545	313,83223	32495,06
Итого поездов	11		1	$I_{cp}=423,112$	65921,480

Для вычисления среднего времени занятия первого пути прибегнем к методу определения среднего арифметического. Это необходимо ввиду того, что значения времени расположены примерно в одном диапазоне. Значение I_{cp} для первого пути будет иметь значение:

$$I_{\text{ср}} = \frac{82 + 69 + 76 + 59 + 65 + 60 + 68 + 68 + 76 + 108 + 68}{11} = 72,64 \text{ мин.}$$

Далее по данным из таблиц 4.4 – 4.9 рассчитаны основные показатели согласно формулам 2.2 – 2.5 в зависимости от занятости путей по времени:

- среднеквадратичное отклонение для 5 пути за ноябрь:

$$\sigma[I] = \sqrt{32612,492} = 180,579 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение для 4 пути за ноябрь:

$$\sigma[I] = \sqrt{80909,218} = 284,445 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение для 6 пути за ноябрь:

$$\sigma[I] = \sqrt{133947,7549} = 365,988 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение для 13 пути за ноябрь:

$$\sigma[I] = \sqrt{29069,1756} = 170,49 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение для 11 пути за ноябрь:

$$\sigma[I] = \sqrt{25992,06} = 161,22 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение для 15 пути за ноябрь:

$$\sigma[I] = \sqrt{65921,480} = 256,751 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 5 пути за ноябрь:

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 249,9185 + 3 \cdot 180,579 = 791,6555 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 4 пути за ноябрь:

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 451,301 + 3 \cdot 284,445 = 1304,636 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 6 пути за ноябрь:

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 480,3213 + 3 \cdot 365,988 = 1578,2853 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 13 пути за ноябрь:

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 241,609 + 3 \cdot 170,49 = 753,079 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 11 пути за ноябрь:

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 240,3 + 3 \cdot 161,22 = 723,96 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 15 пути за ноябрь:

$$I_{\text{ср}} + 3 \cdot \sigma[I] = 423,112 + 3 \cdot 256,751 = 1193,365 \text{ мин.},$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 5 пути за ноябрь:

$$\nu[I] = \frac{180,579}{249,9185} = 0,722 ,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 4 пути за ноябрь:

$$\nu[I] = \frac{284,445}{451,301} = 0,63,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 6 пути за ноябрь:

$$\nu[I] = \frac{365,988}{480,3213} = 0,76,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 13 пути за ноябрь:

$$\nu[I] = \frac{170,49}{241,609} = 0,705,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 11 пути за ноябрь:

$$\nu[I] = \frac{161,22}{240,3} = 0,671,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 15 пути за ноябрь:

$$\nu[I] = \frac{256,751}{423,112} = 0,61.$$

В данном расчёте в ноябре месяце не учитываются 7 и 9 пути ввиду частой занятости их «брошенными» поездами.

Выполним расчёт среднего времени занятия путей методом математического распределения значений в месяц максимальных перевозок (июнь) поездов длиной до 84 усл. вагонов. Данные расчётов определены в таблицах 4.10 – 4.15.

Таблица 4.10 – Среднее время занятия 5 пути в июне

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 P$
0-120 (0-2 ч.)	25	60	0,2747	16,482	11518,377
121-240 (2-4 ч.)	27	180,5	0,2967	53,5544	2106,9951
241-360 (4-6 ч.)	19	300,5	0,2088	62,744	266,5609
361-840 (6-14 ч.)	20	600,5	0,2198	131,9899	24774,676
Итого поездов	91		1	$I_{cp}=264,77$	38666,6102

Таблица 4.11 – Среднее время занятия 6 пути в июне

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	4	60	0,2857	17,142	41179,8129
121-240 (2-4 ч.)	2	180,5	0,1428	25,7754	9590,502
241-360 (4-6 ч.)	1	300,5	0,0715	21,4858	1384,498
361-1140 (6-19 ч.)	7	750,5	0,5	375,25	48312,866
Итого поездов	14		1	$I_{cp}=439,6532$	100467,6789

Таблица 4.12 – Среднее время занятия 13 пути в июне

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	14	60	0,4	24	13507,830
121-240 (2-4 ч.)	8	180,5	0,2285	41,244	914,5621
241-360 (4-6 ч.)	7	300,5	0,2	60,1	643,7720
361-1020 (6-17 ч.)	6	690,5	0,1715	118,42	34226,62
Итого поездов	35		1	$I_{cp}=243,765$	49292,7897

Таблица 4.13 – Среднее время занятия 11 пути в июне

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	5	60	0,2382	14,292	47394,7317
121-240 (2-4 ч.)	4	180,5	0,1906	34,4033	20201,6748
241-360 (4-6 ч.)	2	300,5	0,095	28,5475	4014,2519
361-1020 (6-17 ч.)	10	900,5	0,4762	428,8181	74088,245
Итого поездов	21		1	$I_{cp}=506,0609$	145698,9034

Таблица 4.14 – Среднее время занятия 15 пути в июне

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 P$
0-120 (0-2 ч.)	3	60	0,12	7,2	41891,0286
121-240 (2-4 ч.)	2	180,5	0,08	14,44	17697,577
241-360 (4-6 ч.)	2	300,5	0,08	24,04	9819,049
361-1020 (6-17 ч.)	18	840,5	0,72	605,16	25899,05
Итого поездов	25		1	$I_{cp}=650,84$	95306,7144

Таблица 4.15 – Среднее время занятия 4 пути в июне

Разряды межпоездных интервалов	Число интервалов, приходящихся на данный разряд	Среднее значение интервала в разряде I_t , мин.	Доля интервалов от общего числа P	$I_t \cdot P$	$(I_t - I_{cp})^2 \cdot P$
0-120 (0-2 ч.)	8	60	0,2857	17,142	22913,343
121-240 (2-4 ч.)	4	180,5	0,1429	25,7935	3782,6217
241-360 (4-6 ч.)	6	300,5	0,2143	64,3972	390,6816
361-1020 (6-17 ч.)	10	660,5	0,3571	235,8646	35953,186
Итого поездов	28		1	$I_{cp}=343,1973$	63039,8328

Для вычисления среднего времени занятия 9 пути прибегнем к методу определения среднего арифметического. Это необходимо ввиду того, что значения времени расположены примерно в одном диапазоне. Значение I_{cp} для 9 пути будет иметь значение:

$$I_{\text{ср}} = \frac{420+89+139+358+212}{5} = 72,64 \text{ мин.}$$

Значение $I_{\text{ср}}$ для 3 и 7 пути соответственно будет иметь значение:

$$I_{\text{ср}} = \frac{443+1155+915+589+50}{5} = 630,4 \text{ мин.},$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{640+698+637+749+160}{5} = 576,8 \text{ мин.}$$

Далее по данным таблиц 4.10 – 4.15 рассчитаны основные показатели согласно формулам 2.2–2.5 в зависимости от занятости пути по времени:

- среднеквадратичное отклонение для 5 пути за июнь:

$$\sigma[I] = \sqrt{38666,6102} = 196,638 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение для 6 пути за июнь:

$$\sigma[I] = \sqrt{100467,6789} = 316,966 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение для 13 пути за июнь:

$$\sigma[I] = \sqrt{49292,7897} = 222,019 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение для 11 пути за июнь:

$$\sigma[I] = \sqrt{145698,9034} = 381,705 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение для 15 пути за июнь:

$$\sigma[I] = \sqrt{95306,7144} = 308,718 \text{ мин.},$$

- среднеквадратичное отклонение для 4 пути за июнь:

$$\sigma[I] = \sqrt{63039,8328} = 251,077 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 5 пути за июнь:

$$I_{\text{cp}} + 3 \cdot \sigma[I] = 264,77 + 3 \cdot 196,638 = 854,684 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 6 пути за июнь:

$$I_{\text{cp}} + 3 \cdot \sigma[I] = 439,6532 + 3 \cdot 316,966 = 1390,5512 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 13 пути за июнь:

$$I_{\text{cp}} + 3 \cdot \sigma[I] = 243,765 + 3 \cdot 222,019 = 909,822 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 11 пути за июнь:

$$I_{\text{cp}} + 3 \cdot \sigma[I] = 506,0609 + 3 \cdot 381,705 = 1651,1759 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 15 пути за июнь:

$$I_{\text{cp}} + 3 \cdot \sigma[I] = 650,84 + 3 \cdot 308,718 = 1576,994 \text{ мин.},$$

- максимальное отклонение интервалов для 4 пути за июнь:

$$I_{\text{cp}} + 3 \cdot \sigma[I] = 343,1973 + 3 \cdot 251,077 = 1096,4283 \text{ мин.},$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 5 пути за июнь месяц:

$$\nu[I] = \frac{196,638}{264,77} = 0,74,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 6 пути за июнь месяц:

$$\nu[I] = \frac{316,966}{439,6532} = 0,72,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 13 пути за июнь
месяц:

$$\nu[I] = \frac{222,019}{243,747} = 0,91,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 11 пути за июнь
месяц:

$$\nu[I] = \frac{381,705}{506,0609} = 0,7542,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 15 пути за июнь
месяц:

$$\nu[I] = \frac{308,718}{650,84} = 0,47,$$

- коэффициент вариации интервалов прибытия для 4 пути за июнь
месяц:

$$\nu[I] = \frac{251,077}{343,1973} = 0,73.$$

В таблице 4.16 приведены вероятностные характеристики занятия путей на ст. С.

Таблица 4.16 – Сводная таблица вероятностных характеристик занятия путей на ст. С.

Нумерация путей	I	3	4	5	6	7	9	11	13	15
ноябрь										
Среднее время занятия путей, мин.	72,64	–	451,8	260,2	480,3	–	–	240,3	241,7	349,4
июнь										
Среднее время занятия путей, мин.	–	630,4	343,2	275,9	439,7	576,8	243,6	506,1	243,7	650,8
Изменение значений июня относительно ноября, мин.	↓ 72,64	↑ 630,4	↓ 108,6	↑ 15,7	↓ 40,6	↑ 576,8	↑ 243,6	↑ 265,8	↑ 2,0	↑ 301,4

На основании таблицы 4.16 время занятия путей в ноябре на ст. С. в основном имеет максимальные значения относительно июня ввиду необходимости обеспечения приема поездов в железнодорожный узел С. при интенсивном поездопотоке. В ноябре третий, седьмой и девятый приёмо-отправочные пути в анализе не учитываются, так как по данным таблицы приложения А указанные пути в основном были заняты «брошенными» поездами. Наименьшее значение времени занятия пути составило 72,64 мин. для первого главного пути. Данное значение имеет наименьшую величину, так как данный путь является главным и имеет ограничение по времени его занятия из-за необходимости приема графиковых пассажирских поездов. Максимальное значение времени занятия пути составило 650,8 мин. для 15-го приёмо-отправочного пути за июнь. Значение данной величины для 15-го приёмо-отправочного пути станции С. определяется инфраструктурными ограничениями, которые не позволяют осуществить прием

грузовых поездов на данный приёмо-отправочный путь при занятом 13-м пути.

Данные показатели, приведенные в таблице 4.16, являются одними из важнейших показателей характера работы железнодорожного узла при наличии инфраструктурных ограничений.

4.2 Предложения по внедрению автоматизированной системы оперативной аналитики для поддержки принятия решений при планировании работы взаимодействующих железнодорожных узлов

В соответствии с исследованиями, приведенными выше, в данном разделе диссертации предложен алгоритм информационной программы, направленной на планирование пропуска длинносоставных грузовых поездов по участку, исключение ошибок поездного диспетчера и снижение дополнительных простоев поездов. Данная программа как информационная система будет являться частью единой интеллектуальной системы управления и автоматизации производственных процессов на железнодорожном транспорте (ИСУЖТ). Необходимые информационные данные будут взяты из системы ГИД-Урал ВНИИЖТ.

В системе отображены основные необходимые данные:

- сумма времени стоянок всех грузовых длинносоставных поездов на участке между железнодорожными узлами;
- количество нарушений межпоездного интервала отправления длинносоставных поездов с начальной технической станции;
- количество отправленных грузовых поездов заданной категории за сутки;
- экономические затраты в рублях из-за простоев грузовых поездов на линии по причине неприёма станциями узла;
- среднее время занятости приёмо-отправочных путей транзитными поездами на станции;
- среднее время хода длинносоставных поездов по участку.

Задачи, решаемые данной программой:

1. Наглядное отображение поездной работы участка между железнодорожными узлами в части движения длинносоставных поездов с расчетом суммарного времени их стоянок на промежуточных станциях.

2. Среднее время занятия пути в железнодорожном узле, имеющем инфраструктурные ограничения, и количество одновременно занятых путей на станции узла. Это позволит работнику диспетчерского центра спланировать беспрепятственную организацию движения длинносоставных грузовых поездов в узел с содержанием потребного числа поездных локомотивов.

3. Исключение нарушений межпоездного интервала при отправлении длинносоставных поездов с начальных технических станций в железнодорожный узел, имеющий инфраструктурные ограничения, для предотвращения дополнительных простоев на промежуточной станции из-за неприёма соседнего узла.

4. Расчет затрат, вызванных потерями поездно-часов, и анализ основных данных программы при движении длинносоставных грузовых поездов по участку за сутки с целью прогнозирования работы железнодорожного узла, имеющего инфраструктурные ограничения.

Пример интерфейса информационно-аналитической программы представлен на рисунке 4.3.

Данной программой ведётся анализ занятости каждого пути и в случае выполнения условий (путь занят) присваивается значение «1», в противном случае – «0». Для выполнения детального анализа временной промежуток детерминирован по отрезкам, имеющим значение 5 минут. Дальнейшим шагом программы является суммирование присвоенных значений по каждому пути для всего узла. Программа ведёт итоговый расчёт процента занятости отдельно по каждому пути во времени и при необходимости выполняет построение диаграммы. Примеры алгоритма и сводной таблицы приведены в таблице 4.17. Примеры расчётов для перевозок в ноябре и июне 2023 года приведены в таблицах в 4.18 – 4.20.

☐ Неч.

Участок взаимодействия двух железнодорожных узлов
 Линия Узел Б.-С. - Узел С.

19

— Количество отправленных поездов повышенной длины за сутки

3

— Количество поездов повышенной длины, отправленных с нарушением необходимого межпоездного интервала

6,15

— Сумма времени стоянок поездов повышенной длины на промежуточных станциях участка в часах

27 998

— Расчёт затрат, вызванных потерями поездо-часов из-за стоянок грузовых поездов на промежуточных станциях за сутки, руб.

5,12

— Среднее время хода поезда по участку, час

Номер пути

Время

5

↓

2,15

— Среднее время занятия пути в узле, час

УЗЕЛ С.

Выход

Обозначения:

Неч.

- Данные программы отображены для нечетного направления участка

↓

- Выбор путей железнодорожного узла по списку

5,12

- Завышенные показатели участка

2,15

- Выполнение показателей участка

Рисунок 4.3 – Пример оформления интерфейса предложенной программы

Также функционалом программы задана рекомендация станционным и поездным диспетчерам по отправлению следующего поезда в соседний узел. В этом случае, если экономические затраты, вызванные потерями поездо-часов на участке, превышают затраты на следование поезда между двумя железнодорожными узлами, то программа дает рекомендацию на отправление поезда меньшей длины. В сложной поездной обстановке диспетчерский аппарат может необъективно оценить существующую ситуацию и дать неверное указание по порядку отправления грузовых поездов на участок.

Блок-схема программы изображена на рисунке 4.4. Результаты реализации данного алгоритма отображены в таблицах 4.17 – 4.20 и на рисунках 4.4 и 4.5.

Таблица 4.17 – Ведомость занятия пути во времени на ст. С. за июнь

Анализ данных выполнен для 1 июня 2024 г.	Дата и время занятости путей	01.06.2024 0:00	01.06.2024 0:05	01.06.2024 0:10	01.06.2024 0:15
Занятость путей, номера путей	% времени использования пути				
11	47%	1	1	1	1
13	21%	0	0	0	0
15	57%	0	0	0	0
5	56%	1	1	1	1
4	23%	0	0	0	0
6	17%	1	1	1	1
1	2%	0	0	0	0
9	14%	0	0	0	0
3	7%	0	0	0	0
7	34%	0	0	0	0
Всего занято		3	3	3	3

Таблица 4.18 – Ведомость определения процента занятости путей ст. С. за июнь

Варианты одновременно занятых путей, путь	Число случаев одновременно занятых путей, случай	Примерное значение от общего числа, %
1	1379	18%
2	1935	25%
3	1636	21%
4	1209	15,6%
5	833	10,8%
6	543	7%
7	195	2,5%
8	11	0,1%
9	0	0%
10	0	0%
Итого	7741	100%

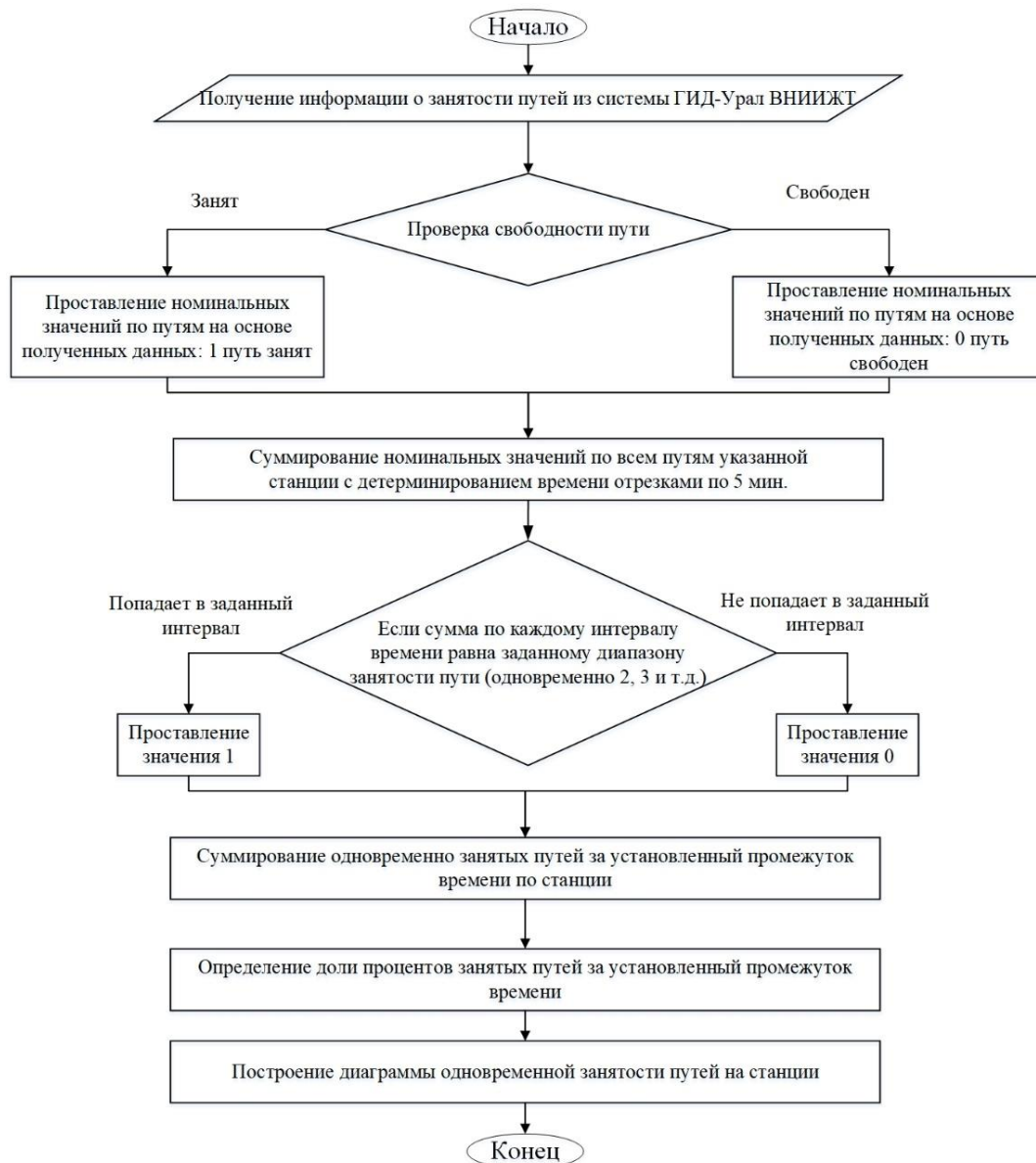


Рисунок 4.4 – Блок-схема программы

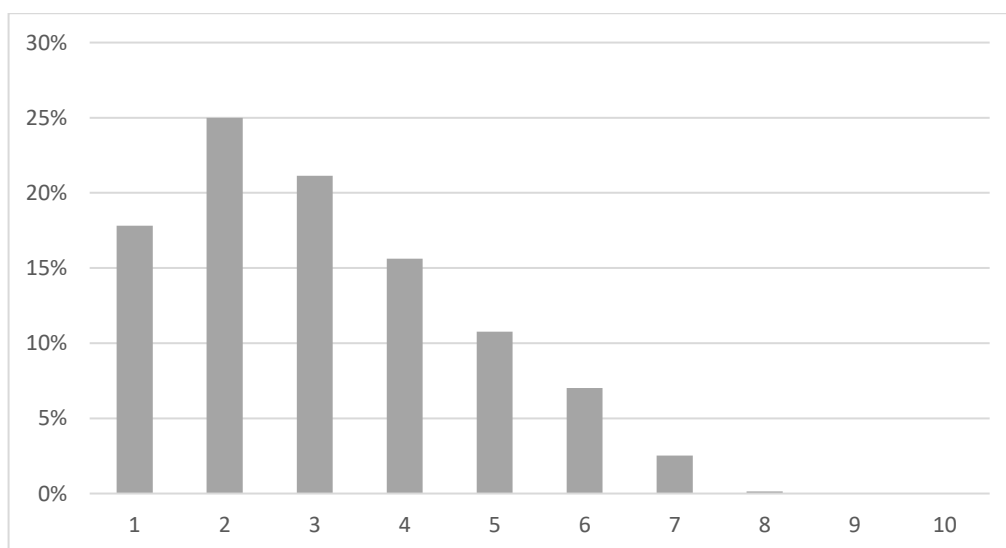


Рисунок 4.5 – Диаграмма занятости путей в узле С. за июнь

Таблица 4.19 – Ведомость занятия пути во времени ст. С. за ноябрь

Анализ данных выполнен для 1 ноября 2023 г.	Дата и время занятости путей	01.11.2023 0:30	01.11.2023 0:35	01.11.2023 0:40	01.11.2023 0:45
Занятость путей, номера путей	% времени использования пути				
11	82%	1	1	1	1
13	14%	0	0	0	0
15	48%	0	0	0	0
5	53%	0	0	0	0
4	44%	0	0	0	0
6	49%	0	0	0	0
1	2%	0	0	0	0
9	1%	0	0	0	0
3	2%	0	0	0	0
7	1%	0	0	0	0
Всего занято		1	1	1	1

Таблица 4.20 – Ведомость определения процента занятости путей ст. С. за ноябрь

Варианты одновременно занятых путей, путь	Число случаев одновременно занятых путей, случай	Примерное значение от общего числа, %
1	1136	13%
2	2120	25%
3	2214	26,4%
4	1876	22,2%
5	883	10,4%
6	250	2,99%
7	6	0,01%
8	0	0%
9	0	0%
10	0	0%
Итого	8485	100%

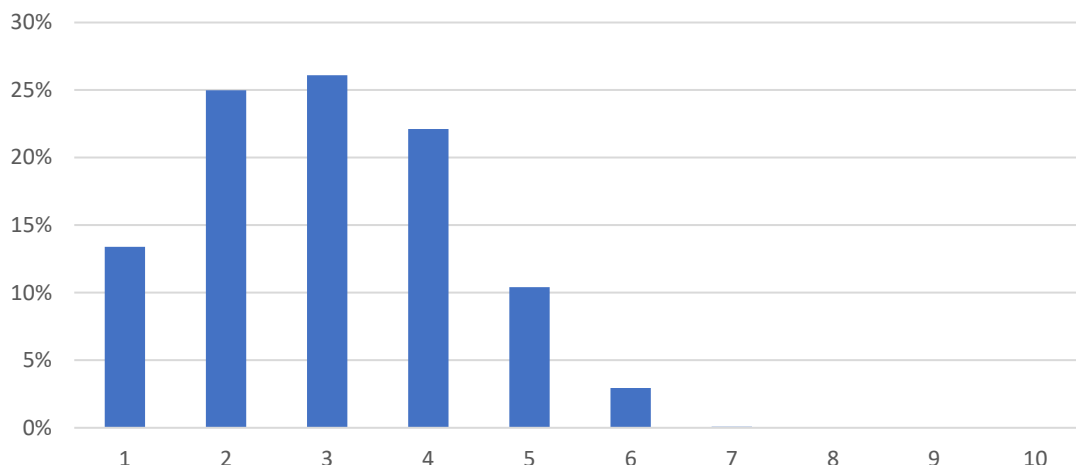


Рисунок 4.6 – Диаграмма занятости путей в узле С. за ноябрь

На основании анализа рисунков 4.5 и 4.6 необходимо сделать вывод, что имеются наглядные отличия в количестве одновременно занятых путей в июне и ноябре. Максимальное значение показателя одновременно занятых путей в июне составило 8 путей, а в ноябре данное значение снизилось до 6 путей. При этом из данных рисунков видно, что в основном на ст. С. одновременно занято два-три пути, а наибольшее значение показателя одновременно занятых путей (9–10) в рассматриваемых месяцах не достигалось.

На рисунке 4.7 изображена аналитическая часть блок-схемы программы.

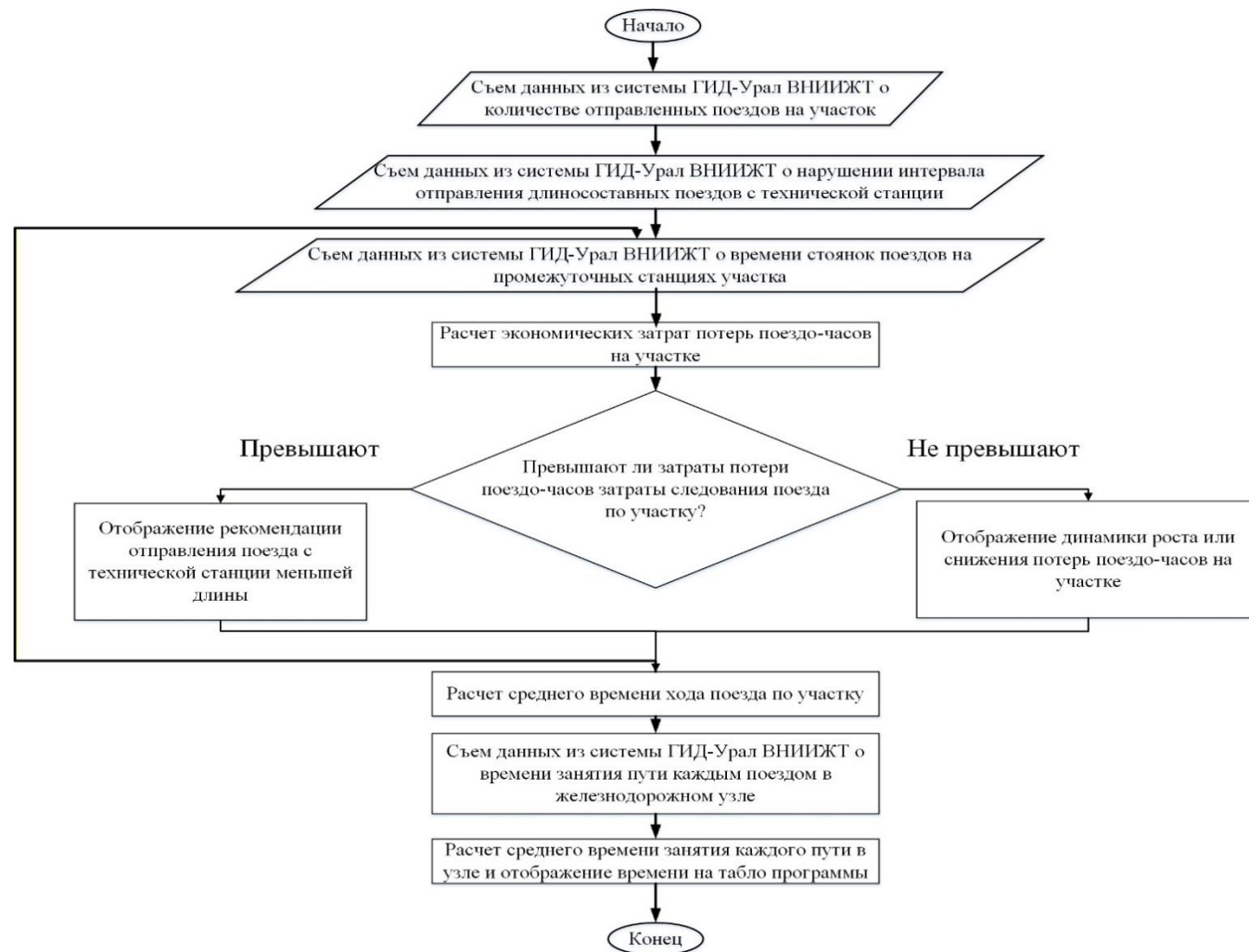


Рисунок 4.7 – Блок-схема программы. Аналитическая часть

4.3 Варианты организации движения поездов на участке между двумя железнодорожными узлами в условиях нестабильного поездопотока и оценки наличия поездных локомотивов

Наличие поездных локомотивов в крупных железнодорожных узлах в основном зависит от подхода транзитных грузовых поездов с разных железнодорожных участков и направлений. В качестве регулировки по запросу ДРУ (дежурный по району управления) и по согласованию с СДРЛ (старший диспетчер локомотивный центра управления тяговыми ресурсами) возможно отправление сплотов локомотивов резервом. Также на данный баланс влияют инфраструктурные ограничения, оперативные регулировки, запросы по направлениям и весовые ограничения по участкам в соответствии с тяговыми расчётами. В связи с наличием такого количества факторов чаще ожидается избыток или недостаток поездных локомотивов. В данном исследовании рассмотрены оба варианта.

В случае достаточного количества поездных локомотивов в железнодорожном узле организуется движение поездов на участке Б.-С. – С. по схемам, приведённым на рисунке 4.8.

При соблюдении технологии работы участка С. – Б.-С. отправление поездов длиной более 85 условных вагонов производится один раз в два часа. В соответствии с исследованиями, приведёнными выше, в разделах 2 и 3 данной диссертации, нарушения межпоездных интервалов между длинносоставными поездами приводит к дополнительным потерям поездо-часов.

В случае недостатка поездных локомотивов в крупном железнодорожном узле создается необходимость формирования и отправления длинносоставных поездов.

На рисунке 4.9 представлена схема отправления поездов длиной до 85 усл. вагонов в соседний железнодорожный узел ввиду наличия инфраструктурных ограничений – отправлен поезд с начальной технической станции длиной 84 вагона

вместо 100. Остаток 16 вагонов, в соответствии с рисунком 4.9, находится под накоплением на том же сортировочном пути для формирования следующего грузового поезда, либо включается в грузовой поезд кругного назначения для сокращения времени простоя под накоплением. На рисунке 4.9 представлен вариант следования 16 вагонов назначения ст. Б.-Л. кругным ходом через ст. С.-С.

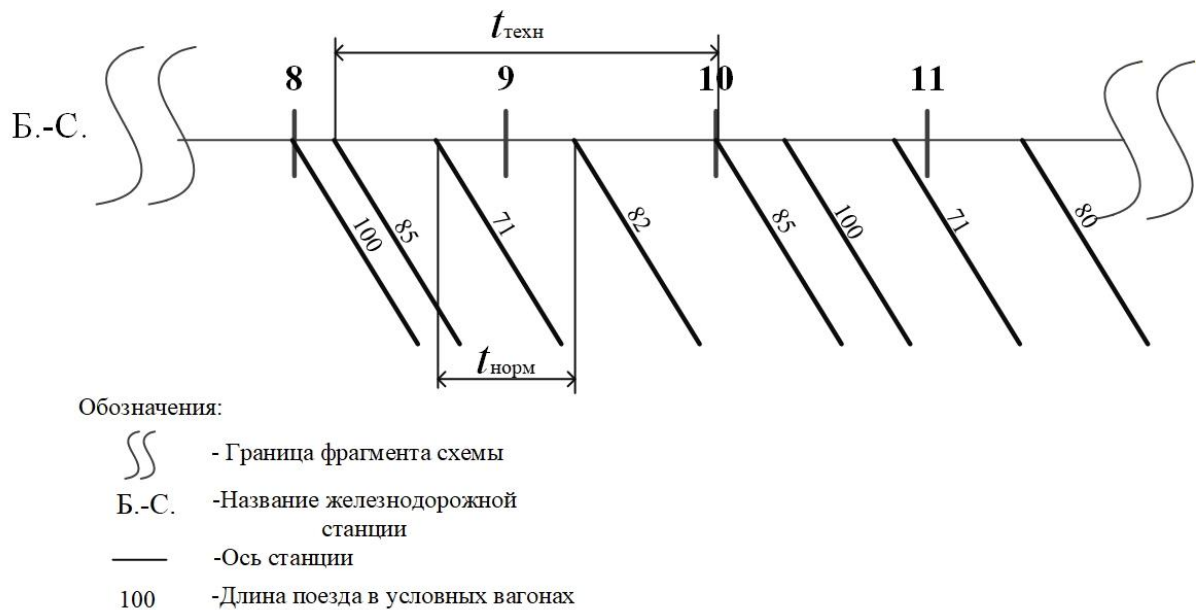


Рисунок 4.8 – Примерная схема отправления поездов с технической станции при достаточном количестве локомотивов в узле

В соответствии с рисунком 4.9 на данной технической станции вагоны включаются в состав грузового поезда вместе с другими вагонами, которые прибыли с примыкающих направлений в адрес ст. Б.-Л. При этом необходимо учитывать, что в качестве регулировки ДПП (дорожный диспетчер по направлениям) может принять решение об изменении направления движения вагонов и включения их в состав другого поезда.

При выполнении данного исследования определена экономическая эффективность пропуска поездов меньшей длины по методу укрупненных расходных ставок в соответствии с формулами 4.1 – 4.3 [127].

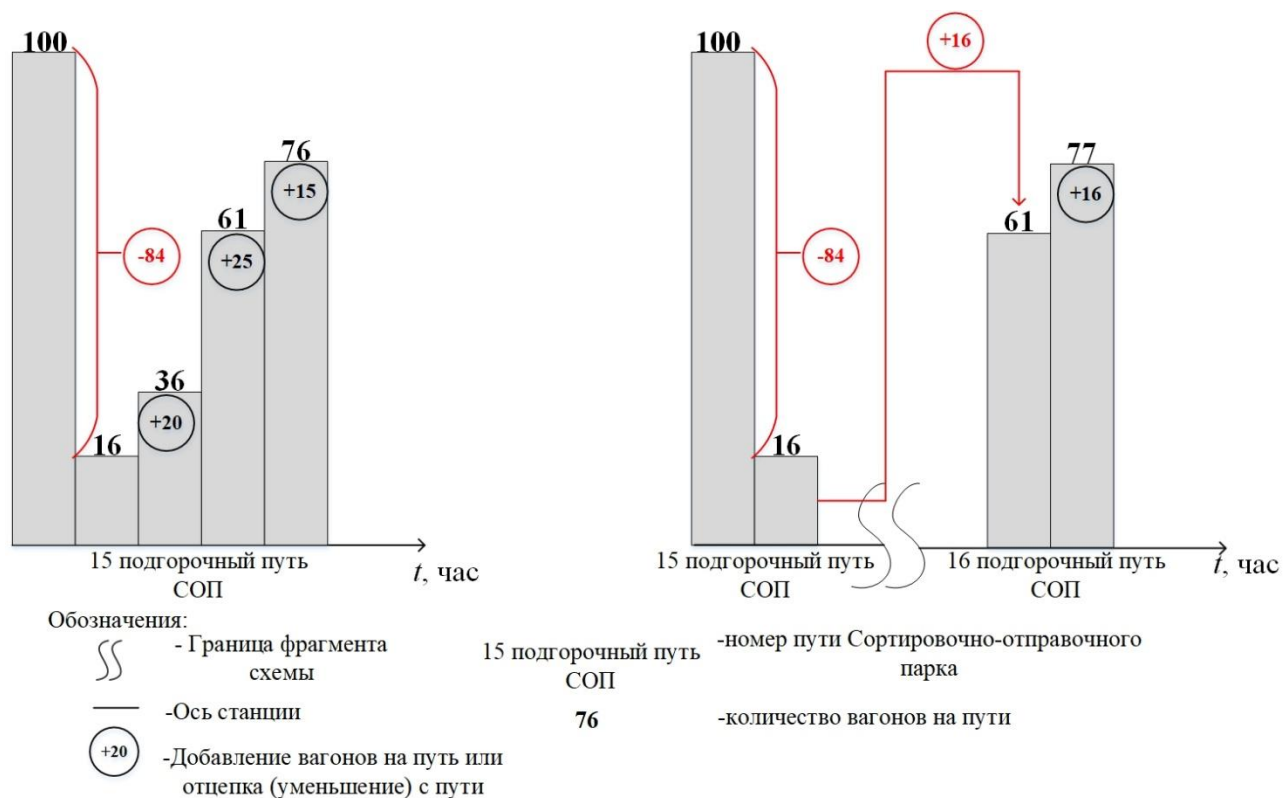


Рисунок 4.9 – Варианты организации вагонопотока в условиях неприёма соседнего железнодорожного узла

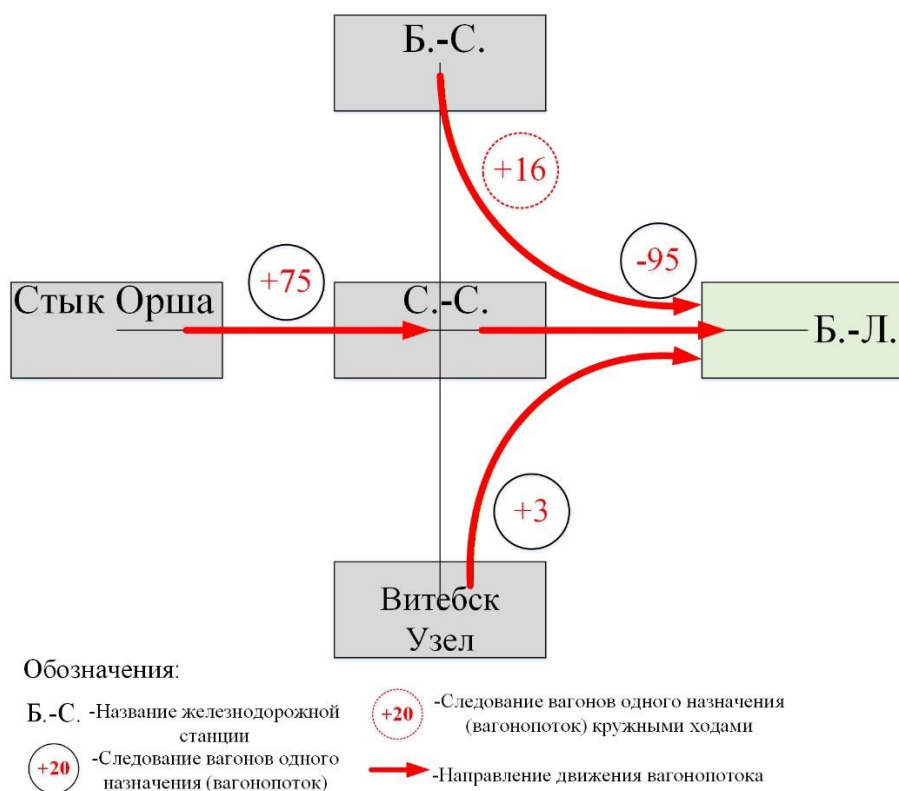


Рисунок 4.10 – Варианты организации вагонопотока в условиях инфраструктурных ограничений

Используемые расходные ставки и их значения приведены в таблице 4.21.

Таблица 4.21 – Используемые расходные ставки

Номер расходной ставки	Используемые расходные ставки за 2024 г.	Величина, руб.
РС 90	Поездо-час в грузовом движении (в части затрат локомотивных бригад и ТЭР) (электрическая тяга)	7 185,97
РС 78	Поездо-час простоя грузового поезда на станционных путях с учетом арендных платежей за локомотивы (электрическая тяга)	2 815,31

При выполнении расчётов учитываем, что поезда имеют одинаковую массу, одинаковое расстояние следования между станциями Б.-С. и С. При этом общие затраты на перевозку в грузовом виде движения длинносоставных поездов по месяцам вычисляются по формуле 4.1:

$$\sum E = \sum n t_{\text{дв}} \cdot e_{\text{дв}} + \sum n t_{\text{ст}} \cdot e_{\text{ст}}, \quad (4.1)$$

где n – количество длинносоставных поездов, поезда;

$t_{\text{дв}}$ – время хода по участку, ч.;

$e_{\text{дв}}$ – укрупненная расходная ставка РС 90, руб.;

$t_{\text{ст}}$ – продолжительность стоянок грузовых поездов на промежуточных станциях по неприёму поездов в узел, ч;

$e_{\text{ст}}$ – укрупненная расходная ставка РС 78, руб.

Расходы на перевозку на участке Б.-С. – С. всех грузовых поездов в нечетном направлении составили:

– за ноябрь:

$$\begin{aligned} \sum E_{\text{н}} &= 169 \cdot 3,95 \cdot 7185,97 + 220,16 \cdot 2815,31 = 4\,796\,994,27 + 619\,818,64 = \\ &= 5\,416\,812,91 \text{ руб.;} \end{aligned}$$

– за июнь:

$$\sum E_{\text{и}} = 121 \cdot 3,95 \cdot 7185,97 + 61,55 \cdot 2\,815,31 = 3\,434\,534,36 + 173\,282,33 = \\ 3\,607\,816,69 \text{ руб.};$$

Определим разницу затрат ΔE двух месяцев по формуле 4.2:

$$\Delta E = \sum E_{\text{н}} - \sum E_{\text{и}} \quad (4.2)$$

$$\Delta E = 5\,416\,812,91 - 3\,607\,816,69 = 1\,808\,996,22 \text{ руб.}$$

Необходимо отметить, что затраты на перевозку одного поезда по участку Б.-С. – С. в соответствии с укрупнёнными расходными ставками составляют:

$$E_1 = 7185,97 \cdot 3,95 = 28\,384,58 \text{ руб.}$$

Исходя из количества стоянок в часах длинносоставных поездов затраты в рублях за ноябрь составляют:

$$E_{\text{пд}} = 2\,815,31 \cdot 220,16 = 619\,818,64 \text{ руб.}$$

В соответствии с укрупнёнными расходными ставками и расходами определим число поездов, которое возможно было бы пропустить по данному участку в ноябре:

$$NS = \frac{\sum E_{\text{пд}}}{\sum E_1} \quad (4.3)$$

$$NS = \frac{619818,64}{28384,58} = 21,8 \approx 22 \text{ поезда.}$$

При этом необходимо учесть, что в случае прибавления данных поездов к общему числу поездов за ноябрь, то общее количество поездов будет примерно соответствовать общему числу поездов за июнь:

$NS_{\text{ноябрь}} = 348 + 22 = 370$ поездов, что имеет значение, примерно равное 371 поезду за июнь.

На основании экономических расчётов необходимо сделать вывод, что из-за большого количества длинносоставных поездов, отправляемых в узел С. в ноябре месяце, и возрастающих потерь поездо-часов отсутствует возможность дополнительного отправления 22 грузовых поездов меньшей длины. Следовательно, снижается эффективность пропуска длинносоставных грузовых поездов на рассматриваемом направлении в сравнении с июнем.

Определим, какие слагаемые входят в сумму потерь поездо-часов при проследовании грузовых поездов по участку. В случае отправления длинносоставных поезда с нарушением технологии работы участка Б.-С. – С. временные затраты определяются по формуле 4.4:

$$t_{\text{п-ч}} = T_{\text{норм}} - I_{\text{меж}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{норм}}$ – нормативное время межпоездного интервала, необходимое для освобождения приёмо-отправочного пути на ст. С. (для узла С. $T_{\text{норм}} = 120$ мин.), мин;





$I_{\text{меж}}$ – межпоездной интервал попутного отправления длинносоставных поездов с начальной технической станции, мин.

Данное равенство будет выполняться при достаточном количестве поездных локомотив в железнодорожном узле. В том случае, если наблюдается дефицит, необходимо дополнить формулу 4.4 ещё одним слагаемым – $t_{\text{ож}}$ (ожидание лок.). В данном случае равенство имеет вид, представленный в формуле 4.5:

$$t_{\text{п-ч}} = (T_{\text{норм}} - I_{\text{меж}}) + t_{\text{ож}}, \quad (4.5)$$

где $t_{\text{ож}}$ – время ожидания проездного локомотива в железнодорожном узле, мин.

Таблица 4.22 – Сводные данные по наличию поездов по месяцам максимальных и минимальных перевозок

2023 год	Июнь	Ноябрь
Количество длиносоставных поездов	121	169  39,67%
Количество поездов меньшей длины	250	179  28,4%
Сумма поездов	371	348  6,19%
Потери поездочасов	61,55	220  72,02%

Для участка железнодорожной сети сумма потерь поездочасов имеет следующий вид, представленный в формуле 4.6:

$$t_{\text{п-ч}} = (T_{\text{норм}} - I_{\text{меж}}) + t_{\text{ож}} + t_{\text{доп}}, \quad (4.6)$$

где $t_{\text{доп}}$ – инфраструктурные и другие ограничения, связанные в том числе с отказами технических средств и другое, мин.

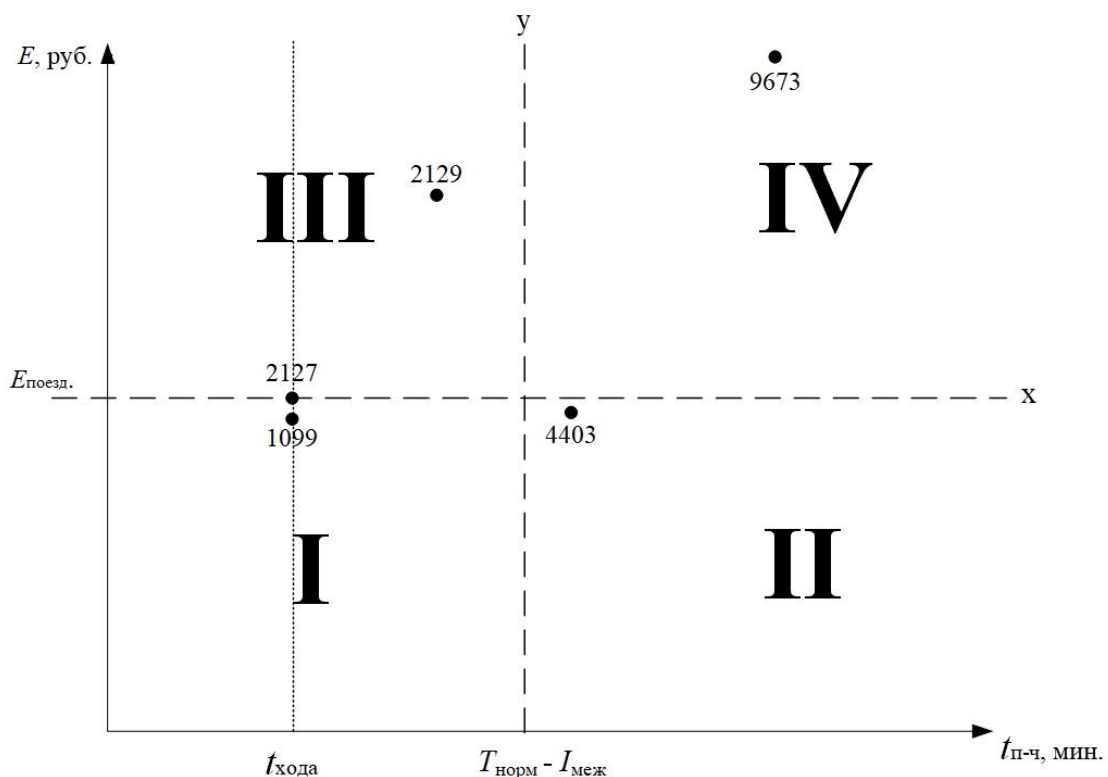
Экономические затраты потерь поездочасов при достатке поездных локомотивов в железнодорожном узле будут рассчитываться в случае нарушения межпоездного интервала отправления с начальной технической станции и определяться по формуле 4.7:

$$E_{\text{п-ч}} = e_{\text{ст}} \cdot (T_{\text{норм}} - I_{\text{меж}}), \quad (4.7)$$

где $e_{\text{ст}}$ – укрупненная расходная ставка РС 78, руб.

На рисунке 4.11 представлена зависимость затрат пропуска грузовых поездов от потерь поездо-часов и представлено четыре области, разделяемые двумя прямыми x и y , в соответствии с формулами 4.7:

– в I области на оси x отмечены длинносоставные поезда, последующие по участку без потерь поездо-часов и с выполнением перегонных времён хода. На данном рисунке в качестве примера отмечены поезда 2127 и 1099. Необходимо учитывать, что в зависимости от условий, категории поезда и способностей машиниста выполнение перегонных времён хода может быть меньше нормативных;



Примечание к рисунку 4.11: x и y – оси, ограничивающие области; 4403 – нумерация поездов;

Рисунок 4.11 – Зависимость экономических затрат проследования грузовых поездов от потерь поездо-часов на участке

– ко II области относятся поезда, имеющие меньшие затраты, чем заданы линией x , но имеющие потери поездо-часов. К ним может относиться, например, следование одиночных локомотивов резервом или в составе сплотов локомотивов, но имеющих потери поездо-часов из-за технических ограничений на участке;

– к III области относятся поезда, последующие по участку с потерями поездо-часов, но менее времени ожидания освобождения пути приема при

нарушении межпоездного интервала отправления поезда с начальной технической станции (4.8):

$$t_{\text{потери}} < (T_{\text{норм}} - I_{\text{меж}}) \quad (4.8)$$

К данной области относятся поезда, имеющие потери поездо-часов ($t_{\text{потери}}$) из-за ограничений, связанных с выполнением технологических окон;

– к IV области относятся поезда, имеющие потери поездо-часов, связанных с неприёмом железнодорожного узла, ожиданием поездного локомотива в узле, отказом технических средств и другими причинами.

Данный рисунок может иметь универсальный характер, так как линии ограничений по потерям поездо-часов (y) и затратам (x) могут задаваться в зависимости от различных требований и параметров для разных участков.

При определении маршрута отклонения поезда приоритетной задачей является определение дополнительного времени и дополнительных затрат, которые определяются в соответствии с Методикой определения порядка формирования корректирующих воздействий на вагоны/поезда/отправки на станции и в пути следования, имеющие потенциальные риски нарушения сроков доставки (рисунок 4.11, формула 4.9). Автором внесен вклад в разработку данной методики [117]:

$$\Delta E_1 = E_{\text{доп}} + E_{\text{п}} + E_{\text{пр.ваг.локом}} + E_{\text{пр.ваг.нитки}} + E_{\text{доп.тех}}, \quad (4.9)$$

где $E_{\text{доп}}$ – дополнительные расходы по организации перевозочного процесса, вызванные отклонением временных параметров выполнения операций по маршруту следования отправки/вагона сверх нормативного времени доставки, руб.; $E_{\text{п}}$ – сумма возможных пени за просрочку доставки грузов и порожних вагонов при принятии решения об отклонении отправки на круговое направление, руб.;

$E_{\text{пр.ваг.нити}}$ – среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов в ожидании нитки пропуска поездов таких категорий, руб.;

$E_{\text{пр.ваг.локом}}$ – среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов в ожидании тяговых ресурсов, руб.;

$E_{\text{доп.тех}}$ – среднесуточные стоимостные оценки изменения мощности станций при перераспределении вагонопотока, руб.

При формировании и пропуске длинносоставных и тяжеловесных поездов в соответствии с Методикой определения порядка формирования корректирующих воздействий на вагоны/поезда/отправки на станции и в пути следования, имеющие потенциальные риски нарушения сроков доставки [117], определены среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов на каждом этапе следования с учетом изменений расходов станции по формуле 4.10 [117]:

$$\Delta E_i = (E_{\text{пр.ваг.}i} + E_{\text{пр.ваг.нити}} + E_{\text{пр.ваг.локом.}} + E_{\text{пр.ваг.огран.}} + E_{\text{доп.тех.}}) \rightarrow \min, \quad (4.10)$$

где $E_{\text{пр.ваг.}i}$ – среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов в ожидании формирования и пропуска длинносоставных и тяжеловесных поездов, формирования и пропуска соединённых, объединенных поездов, руб.;

$E_{\text{пр.ваг.нити}}$ – среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов в ожидании нитки пропуска поездов таких категорий, руб.;

$E_{\text{пр.ваг.локом}}$ – среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов в ожидании тяговых ресурсов, руб.;

$E_{\text{пр.ваг.огран}}$ – среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов в ожидании пропуска поездов таких категорий из-за ограничений инфраструктуры, руб.;

$E_{\text{доп.тех}}$ – среднесуточные стоимостные оценки изменения мощности станций при перераспределении вагонопотока, руб.

Среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов в ожидании формирования и пропуска длинносоставных и тяжеловесных поездов,

формирования и пропуска соединённых, объединенных поездов определяют по формуле 4.11 [117]:

$$\sum E_{\text{пр.ваг.}} = \sum_{r=1}^R (N_{\text{сост.1}} + N_{\text{сост.2}}) \cdot (t_{\text{тех.г}} + t_{\text{ож.г}}) \cdot e_{\text{вч}}, \quad (4.11)$$

где $N_{\text{сост.1}}$, $N_{\text{сост.2}}$ – составность объединяемых поездов/ожидания формирования оставшейся части тяжеловесного поезда, ваг.;

$t_{\text{тех.г}}$, $t_{\text{ож.г}}$ – длительность соответственно выполнения и ожидания технологических операций на станциях формирования/ расформирования, ч.;

$e_{\text{вч}}$ – динамическая стоимостная оценка вагоно-часа грузового вагона, руб./в-ч.

Среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов в ожидании нитки пропуска поездов таких категорий определяют по формуле 4.12 [117]:

$$\sum E_{\text{пр.ваг.нити}} = \sum_{r=1}^R N_{\text{сост.1/соед./тяж.}} \cdot t_{\text{нити.г}} \cdot e_{\text{вч}}, \quad (4.12)$$

где $N_{\text{сост.1/соед./тяж.}}$ – составность тяжеловесных, соединённых, объединенных поездов/ожидания формирования оставшейся части тяжеловесного поезда, ваг.;

$t_{\text{нити.г}}$ – длительность ожидания нитки отправления, ч.;

$e_{\text{вч}}$ – динамическая стоимостная оценка вагоно-часа грузового вагона, руб./в-ч.

Среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов в ожидании тяговых ресурсов определяют по формуле 4.13 [117]:

$$\sum E_{\text{пр.ваг.локом}} = \sum_{r=1}^R N_{\text{сост.1/соед./тяж.}} \cdot t_{\text{тяги.г}} \cdot e_{\text{вч}}, \quad (4.13)$$

где $N_{\text{сост.1/соед./тяж.}}$ – составность тяжеловесных, соединённых, объединенных поездов/ожидания формирования оставшейся части тяжеловесного поезда, ваг.;

$t_{\text{тяги.г}}$ – длительность ожидания тяговых ресурсов, час.;

$e_{\text{вч}}$ – динамическая стоимостная оценка вагоно-часа грузового вагона, руб./в-ч.

Среднесуточные стоимостные оценки простоя вагонов в ожидании пропуска поездов таких категорий из-за ограничений инфраструктуры определяют по формуле 4.14 [117]:

$$\sum E_{\text{пр.ваг.огран}} = \sum_{r=1}^R N_{\text{сост.1/соед./тяж.}} \cdot t_{\text{огран.г}} \cdot e_{\text{вч.}}, \quad (4.14)$$

где $N_{\text{сост.1/соед./тяж.}}$ – составность тяжеловесных, соединённых, объединенных поездов/ожидания формирования оставшейся части тяжеловесного поезда, ваг.;

$t_{\text{огран.г}}$ – длительность соответственно ожидания снятия технологических ограничений, час.;

$e_{\text{вч}}$ – динамическая стоимостная оценка вагоно-часа грузового вагона, руб./в-ч.

Среднесуточные стоимостные оценки изменения мощности станций при перераспределении вагонопотока определяют по формуле 4.15 [117]:

$$\sum E_{\text{доп.тех.}} = \sum_{r=1}^R E_{\text{доп.тех.г}}, \quad (4.15)$$

где $E_{\text{доп.тех.г}}$ – приходящиеся на одни сутки затраты на усиление технического оснащения r -й сортировочной системы полигона или узла, на которую распределяется дополнительный вагонопоток, руб.

Если рассматриваемая отправка включена в состав длинносоставных, тяжеловесных поездов, соединённых и объединенных поездов, следовательно, требуется увеличение времени из-за ожидания перестановки в парк отправления второй части состава, обеспечения тягой и ожидание нитки графика в соответствии с ограничениями инфраструктуры. Данные регулировочные мероприятия направлены на исключение дополнительных действий, не входящих в технологический процесс (например, ожидание перестановки вместе с другим составом).

Целесообразность данного алгоритма с точки зрения снижения сроков доставки определяется с помощью вариантов отправления длинносоставных и тяжеловесных поездов или ожидания нитки отправления соединённых и сдвоенных поездов для беспрепятственного их пропуска по инфраструктуре и экономии затрат на использование еще одного локомотива в середине состава при объединении их на перегоне или технической станции.

Входная информация:

- продолжительность выполнения и ожидания технологических операций на станциях формирования/ расформирования;
- динамическая стоимостная оценка вагоно-часа;
- количество вагонов в первом составе;
- количество вагонов во втором составе;
- время простоя в ожидании нитки;
- время простоя в ожидании тяги;
- время на ожидание снятия технологических ограничений (пропуск состава по инфраструктуре);
- среднесуточные стоимостные оценки изменения мощности станций при перераспределении вагонопотока – дополнительная работа маневрового локомотива на станции.

Основные преимущества данной Методики для последующей автоматизации применяемых решений по регулировке продвижения поездов с учетом прогноза их следования, в том числе в условиях инфраструктурных ограничений и прочих факторов, оказывающих влияние на соблюдение нормативного срока доставки с целью повышения оперативной управляемости сквозным процессом доставки грузов и порожных грузовых вагонов указаны в научной работе к.т.н., доцента Максимовой Е. С. [120]. На рисунке 4.12 [117] представлен алгоритм оценки возможности отклонения поездов на кружные направления. В данный алгоритм включено взаимодействие Начальника района управления (НРУ), старшего по дороге (ДГПС), дежурного по району (ДРУ) и направлениям (ДГП).

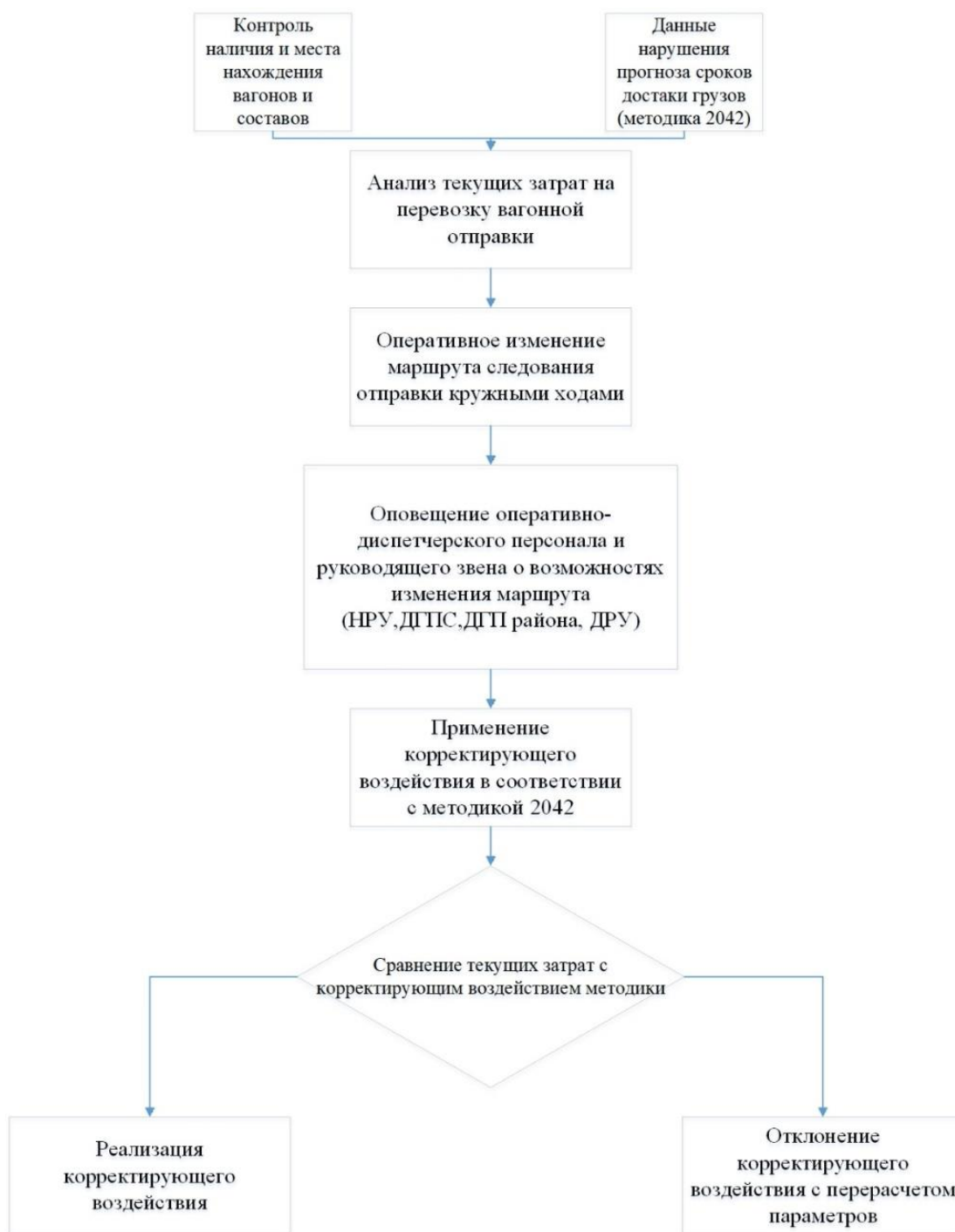


Рисунок 4.12 – Алгоритм оценки возможности отклонения поездов на круглые направления

Алгоритм оценки возможности формирования и пропуска длинносоставных и тяжеловесных поездов (формирования и пропуска соединённых, объединенных поездов) при расчете корректирующих воздействий на вагоны, имеющие потенциальные риски нарушения сроков доставки, представлен на рисунке 4.13 [117].

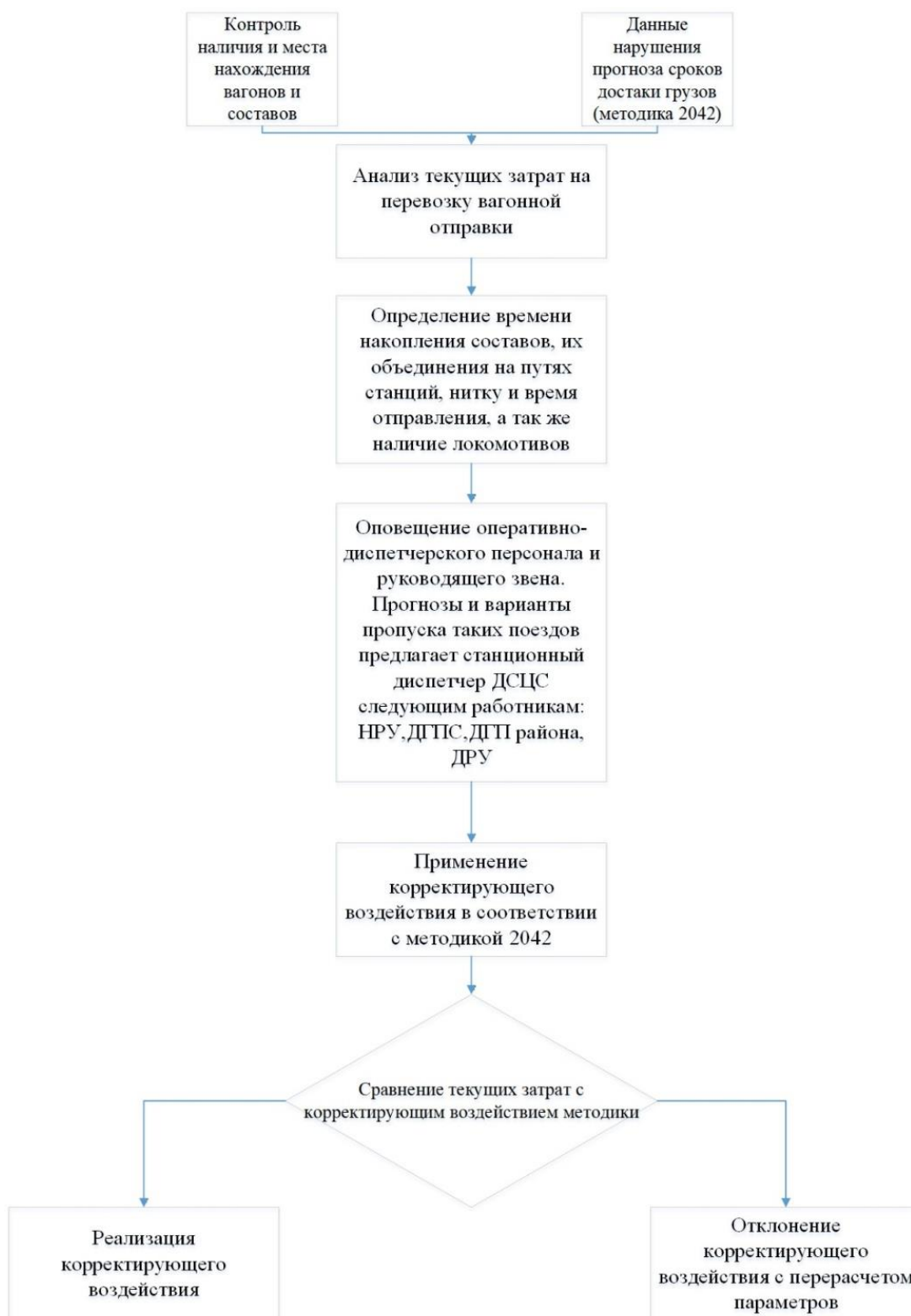


Рисунок 4.13 – Алгоритм оценки возможности формирования и пропуска длинносоставных и тяжеловесных поездов (формирования и пропуска соединённых, объединенных поездов) при расчете корректирующих воздействий на вагоны, имеющие потенциальные риски нарушения сроков доставки

4.4 Методический подход по обоснованию выбора рациональных параметров организации взаимодействия железнодорожных узлов и направлений

Комплексное, поэтапное применение разработанных и предложенных технологий, сводных результатов анализа станций сети отечественных железных дорог, описанных в данном диссертационном исследовании, позволяют сформулировать методические подходы по обоснованию выбора рациональных параметров организации взаимодействия железнодорожных узлов, направлений и по формированию, пропуску длинносоставных грузовых поездов в условиях неоднородной вместимости и специализации приёмо-отправочных путей станций, неоднородных транспортных потоках.

При выборе направлений развития длинносоставного грузового движения на сети железных дорог необходимо не только иметь полную информацию по местным условиям, но также определить перечень промежуточных станций, на которых возможно объединение двух поездов, в соответствии с предложенным типизированием промежуточных станций, описанных во втором разделе данного диссертационного исследования.

Затем, следующим этапом является анализ работы и взаимодействия существующих железнодорожных узлов с определением основных показателей их работы и «узких мест». На данном этапе определяются значения существующих показателей работы узлов и участка в целом, основная проблематика развития длинносоставного движения на заданном участке, а также и особенности его работы. Способ определения данных показателей описаны во втором и четвёртом разделах данного дистанционного исследования.

На третьем этапе предложенной комплексной методики производится имитационное моделирование работы железнодорожных узлов, в том числе имеющих инфраструктурные ограничения, с определением наилучшего варианта пропуска длинносоставных грузовых поездов через железнодорожные узлы. Порядок определения наилучшего варианта, в соответствии с представленной

методикой, описан в третьей главе данного дистанционного исследования. Затем производится оценка экономической эффективности варианта пропуска длинноставных грузовых поездов с применением укрупнённых расходных ставок, описанная в четвёртой главе данного дистанционного исследования.

Следующим этапом является применение информационно – аналитической программы поддержки принятия решений с последующим контролем выполнения разработанной технологии пропуска длинноставных грузовых поездов оперативно-диспетчерским персоналом диспетчерского центра управления перевозками и контролем работы железнодорожного участка, находящегося между взаимодействующими железнодорожными узлами.

Описанная методика является универсальной и может применяться на разных направлениях отечественных железных дорог.

Алгоритм предложенного комплексного методического подхода изображен на рисунке 4.14.

Преимущества разработанной комплексной методики:

- планирование развития длиннооставного движения, учитывающее особенность местных условий и инфраструктурные ограничения;
- планирование эксплуатационной работы участка, учитывающее объединение грузовых поездов на промежуточных станциях, для упрощения работы железнодорожных узлов, в том числе имеющих инфраструктурные ограничения;
- универсальность имитационного моделирования и определение наилучшего варианта баланса взаимодействия железнодорожных узлов, направленного на беспрепятственный пропуск длиннооставных грузовых поездов по участку;
- универсальность информационно – аналитической программы поддержки принятия решений, распространяемая в перспективе в диспетчерских центрах управления перевозками;

- значимость определения экономической эффективности пропуска длинносоставных грузовых поездов по участку с минимальными потерями поездо-часов стоянок грузовых поездов на промежуточных станциях;
- масштабирование разработанной методики на участки сети отечественных железных дорог;
- перспективы использования машинного обучения при планировании взаимодействия железнодорожных узлов, поиск варианта их наилучшего взаимодействия и работы.

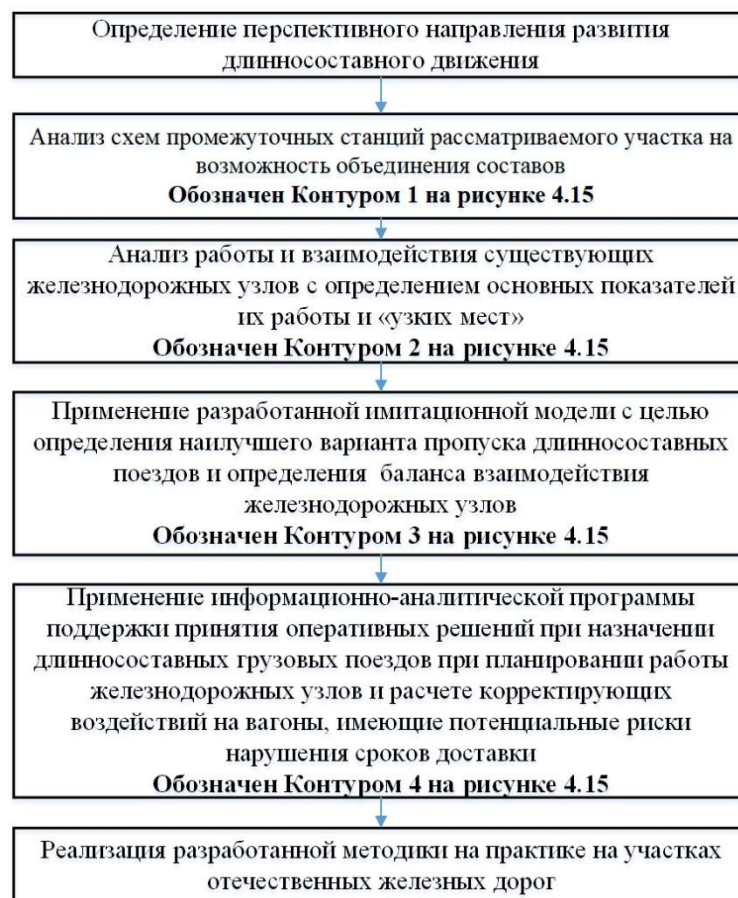


Рисунок 4.14 – Алгоритм предложенного комплексного методического подхода

Недостатки разработанной комплексной методики:

- необходимость изменения разработанной методики в случае переустройства станций участка и изменения местных условий;
- необходимость определения местных ограничений, влияющих на объединение составов на промежуточных станциях;

– наличие существенных временных затрат на определение итогового варианта применения разработанной методики на рассматриваемых участках и внедрение информационно-аналитической программы в диспетчерских центрах управления перевозками.

Особенностью применения разработанной методики является этапность и зависимость их друг от друга, что подтверждает возможное комплексное и полноценное применение методики на практике.

Наиболее наглядная схема применения разработанной методики на практике изображена на рисунке 4.15.

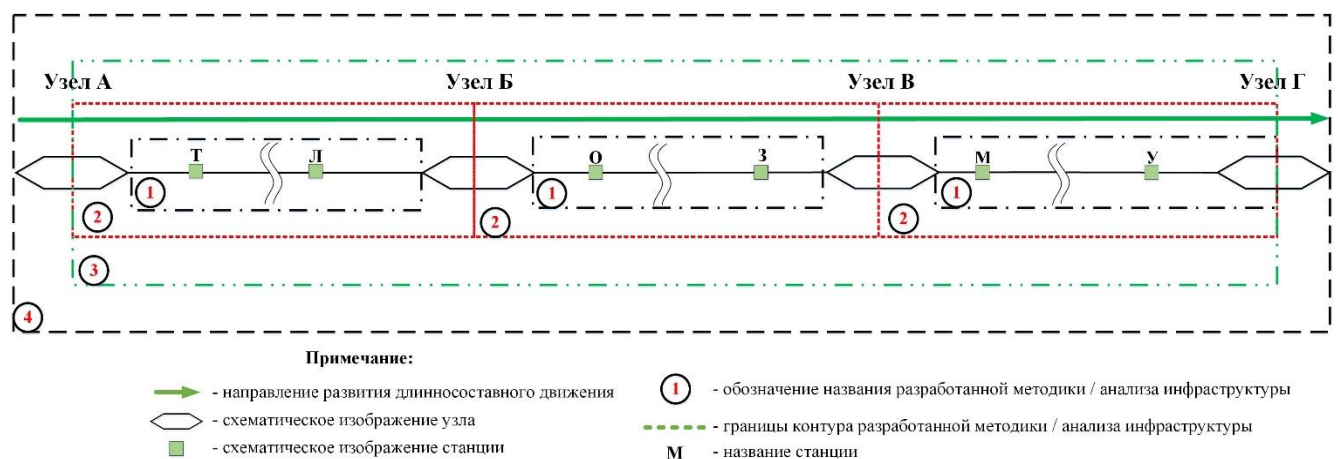


Рисунок 4.15 – Схема применения разработанной методики на примере железнодорожного участка

Из рисунка 4.15 видно, что разработанная методика может применяться на участках железнодорожных линии, состоящих из нескольких железнодорожных узлов, что подтверждает реализуемость, универсальность и практическую значимость применения разработанной методики.

Так же из рисунка 4.15 видно, что исходя из местных особенностей участков и примыкающих линий имитационная модель взаимодействия железнодорожных узлов и определения наилучшего варианта пропуска длинносоставных грузовых поездов может быть разделена на несколько контуров, представленных под номером два. В том случае, если такие особенности отсутствуют, то реализуемый второй контур может быть объединён в единое пространство, которое включает

общую имитационную модель, состоящую из нескольких железнодорожных узлов. Необходимо так же отметить, что данная разработанная методика подразумевает в том числе и наличие железнодорожных узлов на участке, имеющих станцию стыкования тока, и не требует применения отдельного подхода или особенностей её использования на практике.

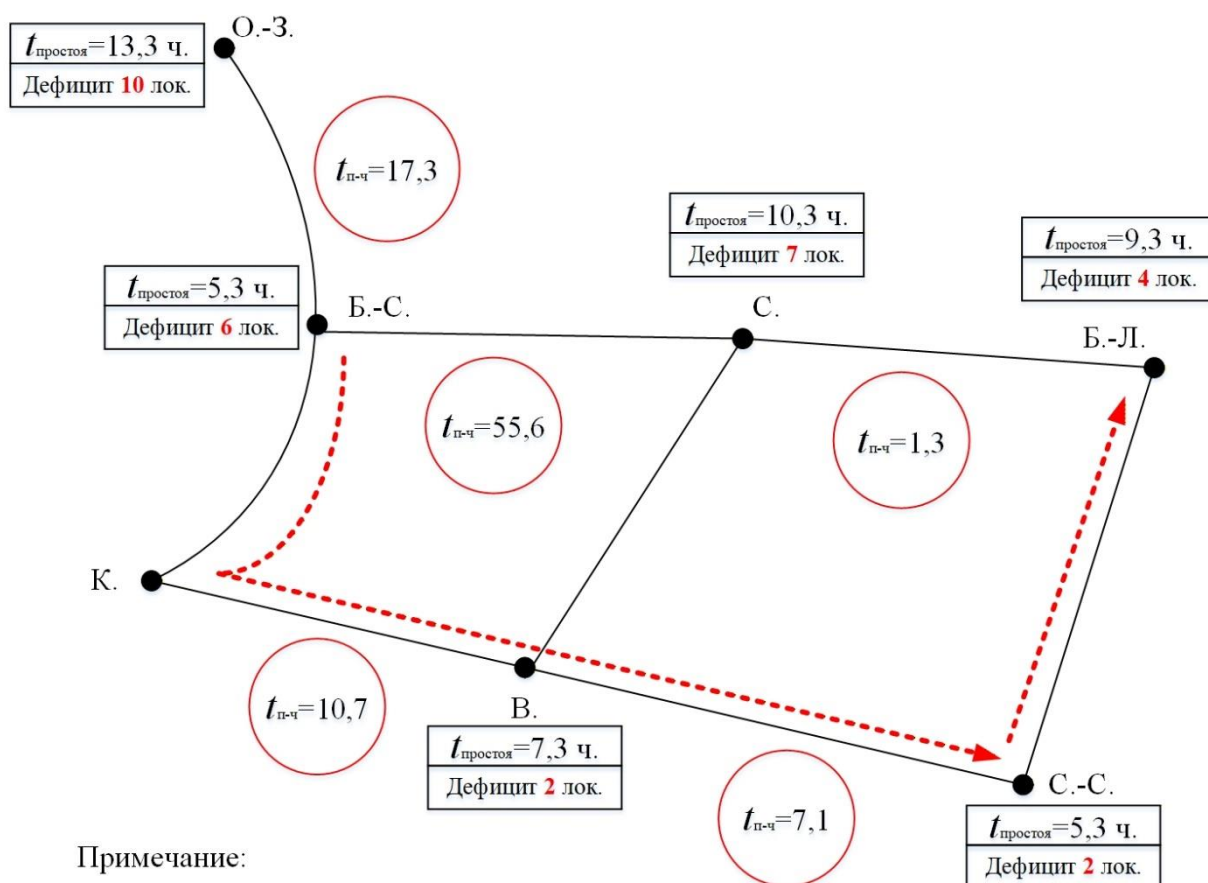
Необходимо предложить решение по определению наиболее рационального маршрута исследования длинносоставных поездов с помощью искусственного интеллекта и нейросети на основе полученных данных работы железнодорожных узлов, имеющих инфраструктурные ограничения, и прилегающих участков [14]. На рисунке 4.16 [14] представлен полигон железной дороги, имеющий несколько железнодорожных узлов. Искусственным интеллектом анализируются следующие данные:

- потери поездо-часов длинносоставными поездами на участке;
- среднее время следования грузовых поездов данной категории по участку;
- дефицит поездных локомотивов в железнодорожном узле;
- среднее время занятия приёмо-отправочного пути в железнодорожном узле.

Итогом является предложенный маршрут следования длинносоставного поезда, представленный на табло коллективного пользования в оперативно-распорядительном отделе дирекции движения.

В случае наличия пересечения линий маршрутов следования длинносоставных поездов, они выделяются разными цветами. Необходимо отметить, что данный алгоритм является усовершенствованным алгоритмом предложенной информационной программы для поездных диспетчеров, описанной выше в данном разделе диссертационного исследования.

В перспективе искусственному интеллекту необходимо в качестве исходных данных задавать сроки доставки груженных вагонов и маршрутизированных перевозок для более точного и детального планирования работы участков и полигонов железных дорог [14].



Примечание:

К. -название станции;

—-железнодорожная линия;

$t_{\text{Простоя}}$ -среднее время занятия приёмо-отправочного пути в узле, ч.
Дефицит 2 лок.-дефицит поездных локомотивов в железнодорожном узле;

$t_{\text{п-ч}}=7,1$ -количество потерь поездо-часов на участке длинносоставными поездами;

----- - предложенный маршрут следования длинносоставного поезда искусственным интеллектом.

Рисунок 4.16 – План отправления длинносоставных поездов на основе искусственного интеллекта

4.5 Выводы по четвёртой главе

1. Анализ вероятностных характеристик интервалов отправления, прибытия и времени занятия приёмо-отправочных путей на станции стыкования рода тока транзитными грузовыми поездами показал следующую зависимость диапазонов средних значений и среднеквадратичных отклонений от количества длинносоставных поездов и их доли в общем поездопотоке для месяцев максимальных и минимальных перевозок: в ноябре третий, седьмой и девятый приёмо-отправочные пути не имеют значений, так как на основании таблицы приложения А данные пути в основном были заняты «брошенными» поездами. Наименьшее значение времени занятия пути составило 72,64 мин. для первого пути. Данное значение имеет наименьшую величину так как данный путь является главным и имеет ограничение по времени его занятия из-за необходимости приема графиковых пассажирских поездов. Максимальное значение времени занятия пути составило 650,8 мин. для 15-го приёмо-отправочного пути за июнь. Значение данной величины для 15-го приёмо-отправочного пути станции С. определяется инфраструктурными ограничениями, которые не позволяют осуществить прием грузовых поездов на данный приёмо-отправочный путь при занятом 13-м пути. Время занятия основного пути приёма нечетных длинносоставных поездов в ноябре (13 путь) составило 241,7 мин., а среднеквадратичное отклонение $\sigma[I] = 170,49$ мин., в июне месяце время занятия составило 243,7 мин., а среднеквадратичное отклонение $\sigma[I] = 222,01$ мин. Данные показатели, приведенные в таблице 4.16, являются одними из важнейших показателей характера работы железнодорожного узла при наличии инфраструктурных ограничений.

2. В оперативных условиях изменение значений представленных показателей наглядно показывает оперативно-диспетчерскому персоналу характер работы железнодорожного узла, что позволяет своевременно принять меры к нормализации его работы. Данные показатели необходимо использовать в

предлагаемой информационно-аналитической программе, в том числе при прогнозировании загрузки и работы железнодорожного узла, имеющего инфраструктурные ограничения.

3. Предлагаемая автоматизированная система оперативной аналитики для поддержки принятия решений при планировании работы взаимодействующих железнодорожных узлов должна обеспечивать выдачу ранжированной информации о занятии путевого развития станций в узлах, потерях поездо-часов на участках и стоимостной оценке рекомендаций по регулированию организации и пропуска поездопотоков. Так, в соответствии с алгоритмом данной программы определено, что наибольшее число одновременно занятых путей – 2 пути и 1935 случаев, что составляет примерно 25% от всех вариантов занятия путей в узле С. Следовательно, необходимо сделать комплексный вывод, что из-за инфраструктурных ограничений в данном узле полезная длина остальных приёмо-отправочных путей не использована и имеется потенциал пропускной и провозной способности по приёму поездов меньшей длины. Этот потенциал реализован в июне месяце – 3 пути и 2214 случаев, что составляет примерно 26,4% от всех вариантов занятия путей в узле С.

4. Разработанный порядок стоимостных оценок организации и продвижения длинносоставных поездов в условиях инфраструктурных ограничений учитывает сопоставление изменений размеров грузового движения и потерь поездо-часов в узлах и на участках, варианты путей следования вагонопотоков между рассматриваемыми узлами, а также прогноз снижения рисков нарушения доставки отправок в рамках повышения оперативной управляемости сквозным процессом доставки грузов и порожних грузовых вагонов.

5. Применение комплексного методического подхода по обоснованию выбора рациональных параметров организации взаимодействия железнодорожных узлов, направлений позволит осуществить качественное планирование и развитие длинносоставного грузового движения, в том числе через железнодорожные узлы, имеющие инфраструктурные ограничения, и станции стыкования родов тока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Выполнено комплексное исследование факторов, оказывающих влияние на развитие длинносоставного движения грузовых поездов – анализ длин главных, приёмо-отправочных и сортировочных путей станций сети отечественных железных дорог, межпоездных интервалов отправления, прибытия и следования длинносоставных поездов на выбранном участке между железнодорожными узлами Б.-С. – С., один из которых имеет инфраструктурные ограничения, влияния тяговых ресурсов и наличия контингента локомотивных бригад на движение длинносоставных грузовых поездов, среднего времени занятия приёмо - отправочных путей в железнодорожном узле, а также определение причин невыполнения нормативного времени следования длинносоставных грузовых поездов на выбранном участке. Анализом инфраструктуры железнодорожных станций сети отечественных железных дорог определено, что доля путей вместимостью 100 усл. вагонов составляет: для главных – 5,93%, приёмо-отправочных – 2,26% и сортировочных путей – 0,29%. Анализ межпоездных интервалов отправления, прибытия длинносоставных поездов в железнодорожный узел С. за 2023 г. определил ряд причин нарушения нормативного времени хода длинносоставных грузовых поездов на выбранном участке, где наибольшую долю – 57,97% составил неприём железнодорожного узла, а наименьшую – отказы технических средств (2,17%): 18 из 828 поездов. Результаты выполненного комплексного анализа в совокупности с разработанной имитационной моделью взаимодействия железнодорожных узлов определяют предпосылки выбора параметров организации и пропуска поездопотока между взаимодействующими железнодорожными узлами – длину составов, станции и парк выполнения операций в узлах, интервалы движения, участки следования грузовых поездов.

2. В условиях существующих ограничений по инфраструктуре организация движения длинносоставных грузовых поездов вызывает факторы

противоположного действия – уменьшающие потребность в тяговых ресурсах (снижение количества грузовых поездов в адрес соседних железнодорожных узлов при увеличении длины составов) и увеличивающие потребность (простои и пробеги с поездами, одиночные пробеги между парками и станциями узла). Несогласованность отправления длинносоставных грузовых поездов между железнодорожными узлами приводит к увеличению времени нахождения поездных локомотивов в движении, предельному режиму работы и смене локомотивных бригад на линии.

3. Определены методические положения по построению имитационной модели взаимодействия узлов, направления железной дороги и проведению имитационных экспериментов для поиска рациональных параметров регулирования отправления и подвода поездов с учетом неоднородности путевого развития и транспортных потоков. Результатами анализа проведенного имитационного эксперимента определено, что при нарушении межпоездного интервала отправления длинносоставных грузовых поездов в соседний железнодорожный узел и при отсутствии в нём требуемого количества поездных локомотивов другого рода тока существенно возрастает значение потерь поездочасов, что требует определения дальнейшего баланса взаимодействия железнодорожных узлов. Таким примером является 1 имитационный вариант, в котором значение потерь поездочасов составляет 88,98 поездочаса, загрузка узла 66,4%, участковая скорость 28,3 км/ч, а количество не отправленных грузовых поездов из узла Б.-С. составило 82 поезда.

4. Показатели работы железнодорожного узла, определенные расчетами на имитационных моделях, подлежат стоимостной оценке с применением разработанных расчетных зависимостей; при этом определена технико-экономическая эффективность пропуска длинносоставных грузовых поездов при наличии инфраструктурных ограничений в оперативных условиях с учетом сопоставления изменения размеров грузового движения и потерь поездочасов в

узлах и на участках, а также вариантов путей следования вагонопотоков между рассматриваемыми узлами.

5. Одним из оснований для разработки алгоритма принятия решений является рассчитанные показатели работы железнодорожного узла С., на основе данных, полученных из информационных систем ОАО «РЖД», а именно: разница значения среднего интервала поступления требований в систему (узел С.) – $\Delta I_{\text{ср}} = 2,5$ мин., среднеквадратичное отклонение интервалов отправления длинносоставных поездов со ст. Б.-С. в назначение узла С. – $\sigma[I] = 226,9$ мин., среднеквадратичное отклонение интервалов прибытия длинносоставных поездов на ст. С. – $\sigma[I] = 219,49$ мин. Целью применения результатов и расчетов в оперативных условиях эксплуатационной работы является предложенный алгоритм оперативной аналитики для поддержки принятия решений в оперативных условиях при планировании работы взаимодействующих железнодорожных узлов, имеющих инфраструктурные ограничения, обеспечивающий контроль соблюдения межпоездного интервала, оценку занятости приёмо-отправочных путей в железнодорожном узле и на основе этих данных – рекомендуемый порядок отправления длинносоставных грузовых поездов.

6. Дальнейшие исследования необходимо посвятить развитию алгоритмов оперативного планирования работы взаимодействующих железнодорожных узлов, имеющих инфраструктурные ограничения, в том числе с применением нейросетевых алгоритмов и машинного обучения, предусматривающих комплексное распределение между станциями в узлах технологических операций, функций поездообразования и функций регулирования движения при изменяющейся эксплуатационной обстановке и динамически определяемых приоритетах продвижения различных транспортных потоков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 г., утвержденная распоряжением Правительства РФ от 19.03.2019 г. № 466р. [текст] / М.: ОАО «РЖД», 2015. – 135 с.
2. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 г. № 3363-р. [текст] / М.: ОАО «РЖД», 2021. – 285 с.
3. Серёгин, И. В. Представление железнодорожного узла Сухиничи как систему массового обслуживания с расчётом её показателей [текст] / И. В. Серёгин // Экономика железных дорог. – 2024. – № 7. – С. 59-65.
4. Серёгин, И. В. Определение оптимальных маршрутов следования поездов повышенной массы и длины при наличии лимитирующих участков железнодорожной сети / И. В. Серёгин, Ю. В. Немцов [текст] // Вестник транспорта Поволжья. – 2023. – № 4(100). – С. 88-94.
5. Серёгин, И. В. Варианты организации движения поездов на участке между двумя железнодорожными узлами в условиях нестабильного поездопотока и наличия поездных локомотивов [текст] / И. В. Серёгин // Экономика железных дорог. – 2024. – № 11. – С. 41-48.
6. Серёгин, И. В. Анализ времени следования длинносоставных поездов при нарушениях технологии работы участка и наличии инфраструктурных ограничений [текст] / И. В. Серёгин // Экономика железных дорог. – 2024. – № 11. – С. 121-128.
7. Серёгин, И. В. Моделирование работы железнодорожного узла в условиях неравномерного подвода поездопотока [текст] / И. В. Серёгин // Экономика железных дорог. – 2025. – № 1. – С. 38-49.
8. Вольнов, П. И. Определение категорийности станций и условий для безопасного движения при приёме, отправления и пропуске поездов повышенной массы и длины на сети ОАО «РЖД» [текст] / П. И. Вольнов, И. В. Серёгин //

Материалы XLIII Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева. – Алматы, 2019. – С. 66-69.

9. Серёгин, И. В. Анализ существующих и перспективных размеров движения тяжеловесных и длинносоставных поездов на направлении Екатеринбург - Лужская с определением потребности в развитии промежуточных, участковых и сортировочных станций [текст] / И. В. Серёгин // Сборник научных трудов «Неделя науки 2019». – М.: РУТ (МИИТ), 2019. – С. IV-92 - IV-93.

10. Серёгин, И. В. Вариант развития автоматизированных систем управления для улучшения организации продвижения поездов на сети ОАО «РЖД» [текст] / И. В. Серёгин // Академик Владимир Николаевич Образцов – основоположник транспортной науки труды международной научно-практической конференции, посвященной 125-летию университета. – М.: РУТ (МИИТ), 2021. – С. 418-421.

11. Серёгин, И. В. Формирование сквозных цифровых технологий организации перевозочного процесса для повышения эффективности эксплуатационной работы [текст] / И. В. Серёгин // Материалы IV Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Том 1. – Тюмень, 2021. – С. 376-379.

12. Серёгин, И. В. Внедрение цифровых систем и технологий на железнодорожном транспорте для планирования организации эксплуатационной работы [текст] / И. В. Серёгин // Сборник трудов международно-практической конференции, посвящённый 115-летию со дня рождения профессора Ф.П. Кочнева «Фёдор Петрович Кочнев – выдающийся организатор транспортного образования и науки в России». – М.: РУТ (МИИТ), 2021. – С. 245-247.

13. Серёгин, И. В. Анализ возможностей станций сети ОАО «РЖД» по приёму, отправлению и пропуску грузовых поездов повышенной массы и длины

[текст] / И. В. Серёгин, П. И. Вольнов // Сборник научных трудов «Неделя науки 2018». – М.: РУТ (МИИТ), 2018. – С. IV-24.

14. Серёгин, И. В. Разработка метода взаимодействия железнодорожных узлов в условиях наличия инфраструктурных ограничений [текст] / И. В. Серёгин // Транспортное дело России. – 2025. – № 3 (180). – С. 55-59.

15. Апатцев, В. И. Методология организации транспортного производства и управление объектами железнодорожных узлов: дис. ... д-ра техн. наук: 08.00.28 [текст] / В. И. Апатцев. – М.: РГОТУПС, 2000. – 306 с.

16. Апатцев, В. И. Проблемы оптимизации транспортного производства в железнодорожных узлах [текст] / В. И. Апатцев. – М.: РГОТУПС, 2000. – 243 с.

17. Апатцев, В. И. К вопросу реструктуризации железнодорожных узлов. [текст] / В. И. Апатцев // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. – М.: РГОТУПС, 1998. – 0,12 п.л.

18. Апатцев, В. И. Логистические системы в железнодорожных узлах. [текст] / В. И. Апатцев // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. – М.: РГОТУПС, 1998. – 0,12 п.л.

19. Апатцев, В. И. Оптимизация работы железнодорожных узлов. [текст] / В. И. Апатцев // Железнодорожный транспорт. – М.: РГОТУПС, 1998. – № 11. – 0,7 п.л.

20. Бородин, А. Ф. Единый сетевой технологический процесс железнодорожных грузовых перевозок: учебное пособие [текст] / А. Ф. Бородин, Е. С. Прокофьева, В. В. Панин. – М.: РУТ (МИИТ), 2021. – 124 с.

21. Бородин, А. Ф. Алгоритмические решения задач эффективного использования и развития железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов [текст] / А. Ф. Бородин, В. В. Панин, Е. С. Прокофьева, Р. Ф. Сайбаталов // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2019. – № 3. – С. 28-39.

22. Прокофьева, Е. С. Техничко-технологические основы организации движения поездов: учебное пособие [текст] / Е. С. Прокофьева, Е. О. Дмитриев, А. С. Петров. – М.: РУТ (МИИТ), 2020. – 226 с.

23. Прокофьева, Е. С. Технологическое взаимодействие участников перевозочного процесса при организации перевозок [текст] / Е. С. Прокофьева, В. В. Панин, Е. О. Дмитриев // Транспортное планирование и моделирование: Сборник трудов Международной научно- практической онлайн-конференции, Москва, 16-17 апреля 2020 года. – М.: РУТ (МИИТ), 2020. – С. 138-141.

24. Прокофьева, Е. С. Обзор исследований в области надёжности грузовых перевозок [текст] / Е. С. Прокофьева // Тенденции развития железнодорожного транспорта и управления перевозочным процессом. Материалы международной юбилейной научно-технической конференции, посвящённой 95-летию кафедр «Железнодорожные станции и транспортные узлы», «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте». – М.: РУТ (МИИТ), 2020. – С. 94-103.

25. Максимова, Е. С. Развитие теории управления рисками [текст] / Е. С. Максимова, В. Н. Шмаль // Журнал Т-Comm - Телекоммуникации и Транспорт. – 2024. – № 2. – С. 39-46.

26. Клычёва, Н. А. Цифровая трансформация транспортно-логистических услуг [текст] / Н. А. Клычёва, Е. С. Прокофьева // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. – Донецк, 2020. – № 56. – С. 49-54.

27. Числов, О. Н. Научно-методический комплекс классификации железнодорожных узлов (на примере Северо - Кавказской железной дороги - филиала ОАО «РЖД») [текст] / О. Н. Числов, В. В. Хан // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – 319 с.

28. Числов, О. Н. Формирование научно-методического комплекса классификации железнодорожных узлов [текст] / О. Н. Числов, В. В. Хан // Труды международной научно-практической конференции «Перспективы развития и эффективность функционирования транспортного комплекса Юга России», посвящённой 85-летию РГУПС. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2015. – С. 77-79.

29. Сухопяткин, А. Н. Железнодорожные станции и узлы: учеб. пособие [текст] / А. Н. Сухопяткин // Рос. гос. открытый техн. ун-т путей сообщ. М-ва путей сообщ. Рос. Федерации. – М.: РГОТУПС, 2003. – 106 с.

30. Хан, В. В. Развитие методов определения рациональных структур и организации транспортно-технологических процессов железнодорожных узлов: дис. ... к-та техн. наук: 05.22.01 [текст] / В. В. Хан. – Ект.: УрГУПС, 2021. – 231 с.

31. Хан, В. В. Интегральная оценка показателей транспортной инфраструктуры железнодорожных узлов [текст] / В. В. Хан // Сборник трудов международной научно-практической конференции «Современные аспекты транспортной логистики», посвящённой 70-летию кафедры «Технология транспортных процессов и логистика». – Хабаровск: ДВГУПС, 2014. – С. 92-97.

32. Хан, В. В. Критерии оценки транспортной работы железнодорожных узлов [текст] / В. В. Хан // Сборник научных трудов международной конференции «Наука и современность: вызовы XXI века». – Часть II: Технические и исторические науки. Киев: Центр научных публикаций, 2014. – С. 128-132.

33. Александров, А. Э. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей (теоретические основы, методология): автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 [текст] / А. Э. Александров. – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – 50 с.

34. Образцов, В. Н. Станции и узлы: Учебник для студентов трансп. Втузов [текст] / В. Н. Образцов, В. Д. Никитин, Ф. И. Шаульский, С. П. Бузанов; Под общ. ред. акад. В. Н. Образцова. – М.: изд. Трансжелдориздата, 1949. – 540 с.

35. Быкадоров, А. В. Системное исследование технологии, оснащения, пропускной и перерабатывающей способности технических станций: дис. д-ра техн. наук: 05.22.08 [текст] / А. В. Быкадоров. – Новосиб. ин-т инж. ж.-д. трансп. Новосибирск, 1980. – 385 с.

36. Персианов, В. А. Исследование вопросов размещения перевалочных районов в железнодорожно-речных транспортных узлах: Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук [текст] / Инж.

В. А. Персианов; Акад. наук СССР. Ин-т комплексных трансп. проблем. – М.: 1960. – 15 с.

37. Уланов, А. А. Совершенствование организации местной работы в железнодорожном узле и прилегающих участках: дис. ... к-та техн. наук: 05.22.08 [текст] / А. А. Уланов. – Новосибирск, 2001. – 24 с.

38. Сугоровский, А. В. Типовой имитационный пассажирский модуль для комплексного исследования железнодорожных направлений, узлов и станций [текст] / А. В. Сугоровский, А. В. Сугоровский // Инновационные транспортные системы и технологии. – С. Петербург, 2023. – Т. 9. – № 2. – С. 57-65.

39. Грошев, Г. М. Обоснование с применением имитационного моделирования эффективности диспетчерского регулирования на участке [текст] / Г. М. Грошев, А. В. Сугоровский, А. В. Сугоровский // Инновационные транспортные системы и технологии. – С. Петербург, 2016. – С.106-107.

40. Тулупов, Л. П. Управление и информационные технологии на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов ж.-д. транспорта [текст] / Л. П. Тулупов, Э.К. Лецкий, И. Н. Шапкин, А.И. Самохвалов; Под ред. Л. П. Тулупова. – Москва: МАРШРУТ, 2005. – 467 с.

41. Вакуленко, С. П. Эксплуатационные аспекты моделирования транспортных систем: учебное пособие [текст] / С. П. Вакуленко, Н. Ю. Евренеева, Д. Ю. Роменский, К.А. – М.: РУТ (МИИТ), 2021. – 129 с.

42. Осокин, О. В. Интеллектуальное сопровождение производственных процессов на железнодорожном транспорте: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08 [текст] / О. В. Осокин. – Екатеринбург: УрГУПС, 2014. – 355 с.

43. Железнов, Д. В. Прогнозирования размеров движения поездов на участке с применением нейронных сетей [текст] / Д. В. Железнов // Мат. IV всер. научно-практ. конф. с межд. уч. «Транспортная инфраструктура Сибирского региона», 13-17 мая 2013 г. – Иркутск: в 2-х т. – Т. 1. – Изд-во ИрГУПС, 2013. – С. 30-35.

44. Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог: учебн. пособие для вузов ж.-д. трансп. [текст] / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. П. Корешков. – М.: Транспорт, 1981. – 223 с.
45. Горелик, А. В. Модели оценки технологической эффективности систем железнодорожной автоматики и телемеханики [текст] / А. В. Горелик, П. А. Неваров, И. А. Журавлев, А. С. Веселова // Автоматика на транспорте. – 2015. – Т. 1. – №2. – С. 143.
46. Шмулевич, М. И. Технологические основы построения автоматизированных систем управления транспортом промышленных предприятий: диссертация ... доктора технических наук: 05.22.12 [текст] / Моск. ин-т инж. ж.-д. транспорта. – Москва, 1989. – 389 с.
47. Ефименко, Ю. И. Обоснование рациональной этапности развития железнодорожных станций и узлов при наличии ограничений [текст] / Ю. И. Ефименко, П. К. Рыбин, М. В. Четчуев // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – № 4. – с. 25-30.
48. Шабалин, Н. Н. Моделирование процессов массового обслуживания на станциях [текст] / Н. Н. Шабалин // Железнодорожный трансп. – 1971. – № 5. – С. 64-65.
49. Таль, К. К. Основные вопросы применения методов моделирования при проектировании станции и узлов [текст] / К. К. Таль // Межвуз. сб. науч. тр. – Москва: ЦНИИС, 1971. – № 47. – С. 56-96.
50. Козлов, П. А. Макромоделирование транспортных узлов [текст] / П. А. Козлов, Н. А. Тушин, В. Ю. Пермикин, И. Г. Слободянюк // Железнодорожный транспорт. – М.: Российские железные дороги, 2015. – № 10 – С. 38-40.
51. Пермикин, В. Ю. Моделирование транспортных систем [текст] / В. Ю. Пермикин, Е. Н. Тимухина, Н. В. Кащеева. – Екатеринбург: УрГУПС, 2012. – 16 с.
52. Шеннон, Р. Имитационное моделирование систем [текст] / Р. Шеннон // Искусство и наука. – М., 1978. – 212 с.

53. Сизый, С. В. Теория и методология формирования сетевого организационного взаимодействия на железнодорожном транспорте: диссертация ... доктора технических наук: 05.02.22 [текст] / С. В. Сизый. – Екатеринбург, 2011. – 384 с.
54. Числов, О. Н. Разработка программного научно-методического комплекса оценки структуры и транспортно-технологических процессов железнодорожных узлов [текст] / О.Н. Числов, В.В. Хан // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2015. – № 4(33). – С. 143-150.
55. Шабалин, Н. Н. Применение теории массового обслуживания для расчета устройств станций [текст] / Н. Н. Шабалин // Труды МИИТа. – М.: МИИТ, 1968. – 89 с.
56. Смехов, А. А. Автоматизация управления транспортно-складскими процессами: учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп. [текст] / А. А. Смехов. – М.: Транспорт, 1985. – 239 с.
57. Бушуев, С. В. Методы повышения пропускной и провозной способности участков железных дорог техническими средствами автоматики: диссертация ... доктора технических наук: 2.9.4. [текст] / С. В. Бушуев. – Санкт-Петербург, 2024. – 364 с.
58. Бушуев, С. В. Анализ способов повышения пропускной способности железных дорог [текст] / С. В. Бушуев, Н. С. Голочалов // Транспорт Урала. – 2023. – №. 1 (76). – С. 42-50.
59. Шапкин, И. Н. Интеллектуальные технологии в эксплуатационной работе на железнодорожном транспорте [текст] / И. Н. Шапкин, В. Н. Морозов, В. Н. Шмаль, Р. А. Ефимов, П. А. Минаков. – М.: УМЦ ЖДТ., 2024. – 272 с.
60. Инструктивные указания по применению Автоматизированной системы ИМЕТРА «Имитационное моделирование работы железнодорожных направлений и узлов (ИМ ЖНУ)» [текст]. – Москва, 2015. – 142 с.

61. Алибеков, Б. И. Математическое моделирование размещения объектов транспортной системы и оптимизация грузовых потоков: диссертация ... доктора технических наук: 05.13.18 [текст] / Б. И. Алибеков. – Махачкала, 2013. – 433 с.
62. Александров, А. Э. Расчет и оптимизация транспортных систем с использованием моделей: теоретические основы, методология: диссертация ... доктора технических наук: 05.22.08 [текст] / А. Э. Александров. – Екатеринбург, 2008. – 285 с.
63. Поттгофф, Г. Учение о транспортных потоках [текст] / Г. Поттгофф; Пер. с нем. В. И. Шейко и В. Н. Воскресенского; Под ред. Е. П. Нестерова. – М.: Транспорт, 1975. – 343 с.
64. Автоматизированная система организации вагонопотоков (АСОВ) [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bsut.by/science/niizht/nil-upp/nil-upp-osn-razrabotki/nil-upp-razr-14> (Дата обращения 15.08.2024).
65. Бородин, А. Ф. Оценка баланса провозной способности полигонов сети железных дорог [текст] / А. Ф. Бородин, В. В. Панин, М. А. Агеева, А. Ю. Соколов, С. Ю. Кириллова, Е. О. Дмитриев, А. А. Кравченко // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ВЕСТНИК ВНИИЖТ). – 2022. – № 81(2). – С. 158-169.
66. Бородин, А. Ф. Технология автоматизированного планирования и управления маршрутными перевозками [текст] / А. Ф. Бородин, В. В. Панин, С. Л. Щепанов, А. Л. Щепанов, Д. В. Рубцов, Е. Н. Лазарева // Железнодорожный транспорт. – М.: 2015. – № 8. – 15 с.
67. Бородин, А. Ф. Автоматизированная система прогноза ресурсов сети [текст] / А. Ф. Бородин, В. В. Панин // Железнодорожный транспорт. – М.: 2017. – № 4. – С. 18-27.
68. Бородин, А. Ф. Комплексные решения проблем развития инфраструктуры и перевозочных ресурсов [текст] / А. Ф. Бородин // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15. – С. 6-17. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2017-15-1-1>.

69. Бородин, А. Ф. Технология работы железнодорожных направлений и система организации вагонопотоков: учеб. пособие [текст] / А. Ф. Бородин, А. П. Батулин, В. В. Панин // Под ред. А.Ф. Бородина. – М.: ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017. – 366 с.
70. Беседин, И. С. Развитие тяжеловесного движения на железных дорогах мира [текст] / И. С. Беседин, Л. А. Мугинштейн, С. М. Захаров // Железные дороги мира. – 2006. – № 9. – С. 39-48 с.
71. Шульженко, П. А. Методика технико-экономических расчетов при усилении линии для пропуска сдвоенных поездов [текст] / П. А. Шульженко // Белорус. ин-т инженеров ж.-д. транспорта. – Гомель, 1972. – 63 с.
72. Леонов, А. А. Организация рационального распределения грузопотоков в железнодорожном транспортном узле: диссертация ... кандидата технических наук: 05.02.22. [текст] / А. А. Леонов. – Москва, 2002. – 147 с.
73. Осьминин, А. Т. Рациональная организация вагонопотоков на основе методов многокритериальной оптимизации: автореф. дис. д-ра техн. наук [текст] / А. Т. Осьминин. – Самара, 2000. – 48 с.
74. Лещинский, Е. Имитационное моделирование на железнодорожном транспорте: монография [текст] / Е. Лещинский; пер. с польск. Н. З. Черешнева; под ред. Г. А. Платонова. – Москва: Транспорт, 1977. – 176 с.
75. Пазойский, Ю. О. Разработка имитационной модели пассажирской железнодорожной станций для определения её наличной пропускной способности [текст] / Ю. О. Пазойский, В. Н. Шмаль, И. С. Абдуллаев // Сборник трудов международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Б.А. Лёвина. – М.: МИИТ, 2016. – С. 123-126.
76. Колокольников, В. С. Структурно-функциональная оптимизация полигонов на сети железных дорог: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.22.08 [текст] / В. С. Колокольников. – Екатеринбург, 2021. – 36 с.

77. Грошев, Г. М. Регулирование подвода транзитных и разборочных грузовых поездов к техническим станциям [текст] / Г. М. Грошев, А. Г. Котенко, А. В. Сугоровский, Ан. В. Сугоровский // Транспортные системы и технологии. – Санкт-Петербург, 2018. – Т. 4. – № 1. – С. 94-104.

78. Скалов, К. Ю. Устройство пути и станций: Учебник для техникумов ж.-д. транспорта [текст] / К. Ю. Скалов, П. П. Цуканов // 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1976. – 488 с.

79. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог, утвержденная Минтрансом России от 18.06.2018 г. №. 266/р. [текст] / М.: ОАО «РЖД», 2018. – 40 с.

80. Числов, О. Н. Метод оценки уровня организации и пропускной способности инфраструктуры железнодорожных узлов [текст] / О. Н. Числов, В. В. Хан // Известия Петербургского университета путей сообщения. – С. Петербург, 2013 г. – С. 68-78.

81. Козин, Б. С. Выбор схем этапного развития железнодорожных линий: (с применением ЭЦВМ) [текст] / Б. С. Козин, И. Т. Козлов. – М.: Транспорт, 1964. – 154 с.

82. Король, Р. Г. Оценка пропускной способности Ванинского транспортного узла с помощью имитационного моделирования [текст] / Р. Г. Король, Е. И. Гарлицкий // Известия Транссиба. – Омск, 2018 г. – № 3(35). – С. 144-155.

83. Земблинов, С. В. Пособие для проектирования железнодорожных станций и узлов: Учеб. пособие для вузов ж.-д. транспорта по специальности Эксплуатация ж. д. [текст] / С. В. Земблинов, И. И. Страковский. – М.: Трансжелдориздат, 1955. – 100 с.

84. Сотников, И. Б. Техничко-экономические расчеты в эксплуатации железных дорог: в примерах и задачах [текст] / под ред. И. Б. Сотникова. – М.: Транспорт, 1983. – 253 с.

85. Сотников, Е. А. Эксплуатационная работа железных дорог (состояние, проблемы, перспективы) [текст] / Е. А. Сотников. – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.
86. Разработка технологии, определение и обоснование технических мероприятий, обеспечивающих пропуск тяжеловесных, длинносоставных и соединённых грузовых поездов на направлениях Омск – Новосибирск Красноярск и Магат-Чарджоу-Кандагач: Отчет О НИР [текст] / Рук. темы А. М. Макаровичин - 01.10.01.84.00.00: №г.р.01850064869. – М: МИИТ, 1985. – 129 с.
87. Карейша, С. Д. Железнодорожные станции: Устройство и проектирование: С 161 черт. в тексте [текст] / Проф. С. Д. Карейша // Моск. акц. изд-ское о-во. – Ленинград, 1927. – 224 с.
88. Козлов, И. Т. Пропускная способность транспортных систем [текст] / И. Т. Козлов. – М.: Транспорт, 1985. – 214 с.
89. Бартеков, П. В. Станции и узлы: Утв. УУЗ НКПС в качестве учебника для втузов ж. д. транспорта [текст] / П. В. Бартеков. – М.: Трансжелдориздат, 1945. – 601 с.
90. Дьяков, Ю.В. Исследование вопросов комплексного усиления пропускной способности электрифицированных железнодорожных линий: Автореферат дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. (05.434) [текст] / Ю. В. Дьяков. – Москва: МИИТ, 1970. – 25 с.
91. Макаровичин, А. М. Использование и развитие пропускной способности железных дорог [текст] / А. М. Макаровичин, Ю. В. Дьяков. – М.: Транспорт, 1981. – 287 с.
92. Дривольская, Н. А. Электрификация как одно из направлений стратегии развития железнодорожного транспорта России [текст] / Н. А. Дривольская, Л. М. Чеченова, Ю. В. Егоров // Вестник Евразийской науки. – Санкт-Петербург, 2019. – Т. 11. – С. 1-11.
93. Критский, С. В. Санкт-Петербургский железнодорожный узел: История и современные вызовы [текст] / С. В. Критский // Известия Петербургского университета путей сообщения. – С. Петербург, 2014 г. – С. 115-119.

94. Бородин, А. Ф. Проблемы комплексного развития железнодорожной инфраструктуры в припортовых транспортных узлах [текст] / А. Ф. Бородин // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4(71). – С. 45-50.

95. Шаханов, Д. А. Основные направления повышения уровня конкурентоспособности на железнодорожном транспорте в России и за рубежом [текст] / Д. А. Шаханов // Транспортное дело России. – 2013. – № 5. – С. 299-302.

96. Сдвоенные контейнерные поезда. Как новый формат перевозок меняет отрасль // Газета «Гудок»: [Сайт]. – 2022. – URL: <https://gudok.ru/content/freighttrans/1616517/> (Дата обращения: 15.05.2024).

97. Растём в длину // Газета «Гудок»: [Сайт]. – 2024. – URL: <https://gudok.ru/newspaper/?id=1660242> (Дата обращения: 15.05.2024).

98. Методика проведения исследований проектов развития железнодорожных станций и линий с определением «узких мест», влияния на пропускные и перерабатывающие способности, рациональной технологии и прогнозируемых эксплуатационных показателей с использованием аппарата математического моделирования [текст] / ОАО «РЖД»: Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 09.01.2018 г. № 2р. – М.: ОАО «РЖД», 2018. – 75 с.

99. Балалаев, А. С. Методология транспортно-логистического взаимодействия при мультимодальных перевозках: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.22.01 [текст] / А. С. Балалаев. – Хабаровск, 2010. – 48 с.

100. Еловой, И. А. Эффективность логистических транспортно-технологических систем (теория и методы расчета): монография [текст] / И. А. Еловой. – Гомель: БелГУТ, 2000. – 290 с.

101. Мехедов, М. И. Методика оценки факторов, определяющих стабильность пропуска грузовых поездопотоков на грузонапряженных направлениях: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.22.08 [текст] / М. И. Мехедов. – Москва, 2016. – 24 с.

102. Корниенко, Н. В. Выбор системы интервального регулирования движения поездов в условиях возрастающих потребностей освоения

прогнозируемых объёмов перевозок [текст] / Н. В. Корниенко, М. И. Мехедов // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (ВЕСТНИК ВНИИЖТ). – 2022. – № 81(1). – С. 63-70.

103. Черепашенец, Р. Г. Вождению поездов повышенной массы и длины инженерную подготовку: Опыт Моск. ж. д. [текст] / Подгот. Р. Г. Черепашенец, А. Ч. Озембловский, Ю. А. Булатников. – М.: Транспорт, 1981. – 46 с.

104. Tamme, E., Nils, N. Research Data and Code: Evaluating Railway Junction Infrastructure: A Queueing-Based, Timetable-Independent Analysis, In Transportation Research Part C. [Электронное издание] / E. Tamme, N. Nils // Emerging Technologies Published. – 2024. – P. 165.

105. Drachenberg, Ch. Projektmanagement-Effekte bei DB Cargo / Ch. Drachenberg // Projektmanagement aktuell. – 2021. DOI: 10.24053/PM-2021-0053.

106. Hans, E. Boysen Øresund and Fehmarnbelt high-capacity rail corridor standards updated [Электронное издание] / E. Hans // Journal of Rail Transport Planning & Management Volume 4, Issue 3. – 2014. – P. 44-58.

107. Haehn, R., Ábrahám, E., Nießen, N. Freight Train Scheduling in Railway Systems [Электронное издание] / R. Haehn, E. Ábrahám, N. Nießen // Conference paper. – 2020. – P. 225-241.

108. Ghaderi, H., Cahoon, St., Nguyen, H. An Investigation into the Non-bulk Rail Freight Transport in Australia March [Электронное издание] / H. Ghaderi, St. Cahoon, H. Nguyen // The Asian Journal of Shipping and Logistics. – 2015. – P. 59-83. DOI:10.1016/j.ajsl.2015.03.003.

109. Бородин, А. Ф. Научная оценка перспектив модернизации восточного полигона сети Российских железных дорог [текст] / А. Ф. Бородин, М. В. Сторчак // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2017. – № 2. – С. 65-73.

110. Бородин, А. Ф. Переход на новую технологию управления движением грузовых поездов по расписанию на опытных полигонах [текст] / А. Ф. Бородин, В. В. Панин, М. И. Залуцкий, Д. В. Рубцов, Е. Ф. Панин // Отчет о НИР № 092-10-34/1470 от 01.01.2010 (Центральная дирекция ОАО «РЖД»).

111. Сайбаталов, Р. Ф. О предотвращении затруднений в эксплуатационной работе полигонов сети железных дорог [текст] / Р. Ф. Сайбаталов, А. Ф. Бородин, Е. В. Бородин // Вестник Белорусского государственного университета транспорта. – 2015. – № 2 (31). – С. 50-52.

112. Фуфачева, М. В. Развитие методов этапного овладения перевозками на двухпутных линиях при обращении длинносоставных грузовых поездов: дис. ... к-та техн. наук: 05.22.08 [текст] / М. В. Фуфачева. – Ект.: ИрГУПС, 2010. – 147 с.

113. Сутурин, С. В. Экономическая оценка влияния фактора времени на эффективность перевозочного процесса железной дороги: дис. ... к-та эконом. наук: 08.00.05 [текст] / С. В. Сутурин. – Новос.: СГУПС, 2004. – 179 с.

114. Жардемов, Б. Б. Теоретические основы развития железнодорожных станций и узлов: дис. ... к-та техн. наук: 05.22.08 [текст] / Б. Б. Жардемов. – М.: МИИТ, 1999. – 410 с.

115. Оленцевич, В. А. Анализ влияния пропуска длинносоставных поездов на участке железнодорожного пути на качественные показатели графика движения поездов и безопасность перевозочного процесса [текст] / В. А. Оленцевич, Н. В. Власова, Е. В. Каимов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2022. – № 3(75). – С. 149–158. – DOI 10.26731/1813-9108.2022.3(75).149-158.

116. Бессонова, Н. В. График движения поездов и пропускная способность участков [текст] / Н. В. Бессонова, Е. С. Максимова, А. П. Батурин // Учебно-методическое пособие к практическим занятиям. – М.: РУТ (МИИТ), 2022. – 110 с.

117. Методика определения порядка формирования корректирующих воздействий на вагоны /поезда /отправки на станции и в пути следования, имеющие потенциальные риски нарушения сроков доставки, утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» №2140/р от 23.08.2023 г. [текст] / М.: ОАО «РЖД», 2023. – 117 с.

118. Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов с учетом новых средств и методов интервального регулирования движения поездов,

утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» №721 от 9.12.2016 г. [текст] / М.: ОАО «РЖД», 2016. – 242 с.

119. Распоряжение о выполнении расписания движения грузовых поездов, утверждённое ОАО «РЖД» от 17 июля 2014 г. № 1662р. [текст] / М.: ОАО «РЖД» 2014 г. – 55 с.

120. Максимова, Е. С. Об автоматизации расчета корректирующих воздействий на вагоны/поезда/отправки на станции и в пути следования, имеющие потенциальные риски нарушения сроков доставки [текст] / Е. С. Максимова // Конференция: Кочневские чтения. – 2023 г. – С. 262–265.

121. Никищенков, С. А. Технология автоматизированной корректировки нормативных графиков движения поездов с применением программных роботов / С. А. Никищенков, А. В. Гаранин [текст] // Автоматика на транспорте. – 2024. – № 1. – С. 18-31.

122. Лемешко, В. Г. Инновационные технологии на железнодорожном транспорте (теория, практика, перспективы) [текст] / В. Г. Лемешко, И. Н. Шапкин; Российская акад. наук // ВИНТИ РАН. – Москва: Институт проблем транспорта и логистики, 2012. – 445 с.

123. Батурин, А. П. Интеллектуализация управления на станционном уровне [текст] / А. П. Батурин, А. С. Гершвальд, И. Н. Шапкин // Железнодорожный транспорт. – 2012. – № 7. – С. 40-43.

124. Замышляев, А. М. Метод управления надёжностью и функциональной безопасностью объектов железнодорожного транспорта на основе оценки рисков [текст] / А. М. Замышляев, А. О. Ермаков, Е. О. Новожилов // Надёжность. – № 4. – 2012. – С. 149-157.

125. Козлов, П. А. Оценка схемных и технологических решений в проектах развития железнодорожных станции и узлов [текст] / П. А. Козлов, И. М. Яриков // Железнодорожный транспорт. – М.: Российские железные дороги, 2010. – № 12. – С. 57-58.

126. Мюллер, У. (W. Muller). Устройства железной дороги и динамика движения. Eisenbahnanlagen u. Fahrdynamik. V-1-2. Springer-Verlag, Berlin, 1960 [текст] / У. Мюллер // Железные дороги мира. – 1991. – № 4. – С. 46-52.
127. Рачек, С. В. Экономическое обоснование технических решений: метод. рекомендации [текст] / С. В. Рачек. – Ект.: УрГУПС, 2018. – 79 с.
128. Апатцев, В. И. Принципы определения эксплуатационных уровней использования мощностей станций в современных условиях [текст] / В. И. Апатцев, В. И. Ковалев // Актуальные проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта. – М.: РГОТУПС, 1997. – 0,12 п.л.
129. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, утвержденные приказом Минтранса России № 250 от 23 июня 2022 г. [текст] / М.: ООО «Техинформ», 2022. – 640 с.
130. Апатцев, В. И. Пути повышения качества подготовки специалистов без отрыва от производства [текст] / В. И. Апатцев // Актуальные проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта. – М.: РГОТУПС, 1996. – 0,2 п.л.
131. Левин, Д. Ю. Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом [текст] / Д. Ю. Левин // Учебное пособие для вузов, диспетчерского аппарата и руководителей ж. - д. трансп., разработчиков автоматизированных систем управления. – М.: Маршрут, 2005. – С. 874.
132. ВНИИЖТ собрал экспортный портфель [Электронный ресурс]. – URL: https://gudok.ru/content/science_education/1549652/ (Дата обращения 18.08.2024).
133. Терёшина, Н. П. Экономика железнодорожного транспорта: учеб. для вузов ж.-д. транспорта [текст] / Н. П. Терёшина, В. Г. Галабурда, В. А. Токарев и др. – М.: УМЦ ЖДТ, 2008. – 996 с.
134. Михайловский ГОК расширяет сотрудничество с Московской железной дорогой [Электронный ресурс]. – URL: <https://ria.ru/20040825/662866.html> (Дата обращения 19.08.2024).

135. Объём перевозок контейнерных грузов в сообщении Китай - Европа в 2023 вырос на 18% [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/20551629> (Дата обращения 19.08.2024).

136. С начала 2024 года на Южно-Уральской железной дороге сформировали более 200 соединённых грузовых поездов [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rzd.ru/ru/9284/page/3102?id=292501> (Дата обращения 19.08.2024).

137. В ЮАР запустили самый длинный и самый крупный поезд в истории страны [Электронный ресурс]. – URL: <https://gudok.ru/news/?ID=1439914> (Дата обращения 19.08.2024).

138. Осьминин, А. Т. Выбор рациональной организации местных вагонопотоков в железнодорожном узле [текст] / А. Т. Осьминин // Материалы первой международной научно-практической конференции «Инфотранс-96». – 1996. – С. 342-352.

139. Кутумов, В. М. Использование ОР58-модели железнодорожной станции при принятии управленческих решений по пропуску и переработке вагонопотоков на полигоне железной дороги [текст] / В. М. Кутумов, А. Т. Осьминин // Материалы первой международной научно-практической конференции «Инфотранс-96». – 1996. – С. 353-361.

140. Москвичев, О. В. Информационные технологии как ключевой фактор в обеспечении пропускной способности инфраструктуры [текст] / О. В. Москвичев // Транспорт Урала. – 2013. – № 1. – С. 68-72.

141. Москвичев, О. В. Разработка и исследование алгоритма кластеризации с проекцией для решения задач оптимизации транспортной инфраструктуры [текст] / О. В. Москвичев, Б. А. Есипов, Н. С. Складнев, А. О. Алёшинцев // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017) труды Международной научно-технической конференции. – 2017. – С. 633-637.

142. Железнов, Д. В. Модель расчёта нагрузки на элементы сети при прогнозировании стационарных транспортных потоков [текст] / Д. В. Железнов //

Современные технологии Системный анализ. Моделирование. – ИрГУПС, 2012. – №4 (36). – С. 240-245.

143. Железнов, Д. В. Методика расчета и анализ соответствия пропускной способности технических станций дороги объемам перевозок [текст] / Д. В. Железнов, Н. А. Демидова, Е. Н. Светлакова // Сб. научн. тр. «Ресурсосберегающие технологии на транспорте и в промышленности». – Чита: ЗабИЖТ. – 2007. – С. 155-161.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Анализ потерь поездо-часов при неравномерном подводе поездопотока в
железнодорожном узле на примере узла С.**

Таблица А. 1 – Сводные данные о характере поездопотока, поступающего в узел С. за ноябрь месяц, необходимые для анализа и моделирования процессов (часть данных)

Ноябрь					
Номер поезда	Длина поезда, усл. ваг.	Время прибытия, час/мин.	Время отправления, час/мин.	Номер пути приёма	Межпоездной интервал, час/мин.
2161	71	18:17	23:39	11	Начало отсчёта межпоездного интервала
2167	67	22:02	23:16	13	3:45
2727	69	0:35	2:08	11	2:33
2111	61	6:15	8:17	15	5:40
2115	68	7:45	17:14	11	1:30
3513	66	8:44	«брошен»	15	0:59
2129	81	10:50	12:57	13	2:06
2179	74	20:55	1:27	5	10:05
2167	71	1:21	«брошен»	11	4:26
2169	72	1:42	14:47	5	0:21
1099	56	14:59	17:09	4	13:17
2153	71	16:02	21:35	5	1:03
2177	70	21:51	23:50	5	2:31
2143	84	19:20	22:28	13	3:18
2181	84	23:07	1:46	13	1:16
2179	63	23:24	7:58	6	0:17
2183	71	0:22	3:07	5	0:58
2169	71	1:25	13:55	4	1:03
1025	58	4:13	5:50	5	2:48
1317	57	5:17	6:39	1	1:04
2113	70	6:06	8:18	5	0:49
2123	65	8:29	22:34	5	2:23
2143	72	12:58	«брошен»	6	4:29
2153	71	14:07	15:20	4	1:09
2151	68	15:37	18:59	4	1:30
9659	70	23:00	5:49	4	7:23
2169	63	3:10	4:25	5	4:10
2903	68	6:12	9:53	5	3:02
2117	71	7:45	12:51	4	1:33
2135	68	11:55	14:51	5	4:10
2145	71	14:24	7:59	4	2:29

Продолжение таблицы А. 1

2183	68	0:31	6:10	5	10:07
1025	60	2:45	3:54	1	2:14
2115	66	6:38	13:04	5	3:53
2135	73	13:17	19:57	5	6:39
2177	69	20:01	23:29	5	6:44
2183	71	0:35	7:54	5	4:34
1037	57	1:08	1:59	13	0:33
2101	71	4:17	13:44	4	3:09
9419	71	7:37	11:59	6	3:20
2149	64	15:08	9:54	6	7:31
2173	77	3:02	5:49	13	11:54
2185	69	3:18	7:19	5	0:16
1025	68	9:01	10:23	13	5:43
9423	71	10:20	15:02	5	1:19
2161	71	18:42	20:12	5	8:22
2181	66	21:31	1:14	5	2:49
1099	64	5:36	6:48	5	8:05
2131	83	10:24	14:34	5	0:19
2179	82	22:39	1:13	4	0:39
2131	65	10:05	12:41	13	4:29
2177	75	22:00	23:24	5	11:36
2183	75	0:50	2:07	5	2:11
2101	64	3:48	4:58	5	2:58
2111	72	5:55	7:55	5	2:07
2113	71	6:12	«брошен»	4	0:17
2147	57	14:45	18:24	5	8:33
2163	66	19:03	3:51	4	4:18
2165	70	19:34	23:25	5	0:31
2115	64	6:50	11:08	13	11:16
9641	72	8:34	12:40	5	1:44
2147	83	14:58	20:59	15	6:24
2133	71	17:46	«брошен»	11	2:48
2163	68	21:30	11:49	13	3:44
1099	57	22:37	23:33	1	1:07
2101	71	3:32	6:18	4	4:55
2103	67	4:20	7:09	5	0:48
2125	70	8:45	17:08	5	4:25
2141	57	12:14	13:13	1	3:29
1099	69	14:25	15:20	11	2:11
2163	71	19:05	23:54	5	4:40
1099	67	23:05	0:20	6	4:00

Продолжение таблицы А. 1

2161	71	1:21	6:45	11	2:16
9305	61	3:30	5:48	5	2:09
1067	71	9:16	11:45	5	5:46
2133	60	10:50	«брошен»	11	1:34
2155	77	18:59	23:48	5	8:09
2163	57	21:19	23:00	15	2:20
2183	76	0:03	5:59	5	2:44
1025	58	5:11	7:04	6	5:08
2151	64	15:33	22:39	5	10:22
2163	71	19:15	0:08	4	3:42
2183	58	0:30	1:53	5	5:15
1457	70	2:10	11:50	4	1:40
2101	64	4:08	7:17	5	1:58
2161	71	19:07	22:28	13	14:59
2177	58	21:00	23:00	6	1:53
2891	77	22:37	23:49	15	1:37
9659	79	1:32	12:35	5	2:55
2431	72	14:47	0:39	5	13:15
2119	72	7:19	9:53	5	16:32
2421	71	11:44	23:50	5	4:25
2431	71	14:20	17:29	4	2:36
2153	71	15:41	11:36	13	1:21
1099	71	19:04	20:13	4	3:23
2883	68	20:24	«брошен»	6	0:57
2161	65	19:27	6:05	15	0:23
9593	67	23:21	14:34	4	3:14
2183	71	0:58	11:13	5	1:37
2103	73	5:46	«брошен»	15	4:48
9659	72	11:43	19:33	5	5:57
9653	62	19:47	3:05	5	8:04
2177	71	22:45	5:50	4	2:52
1025	67	3:01	4:03	6	4:16
2171	70	3:21	10:46	5	0:20
2185	69	5:49	«брошен»	6	2:28
2115	71	7:44	17:04	4	1:55
9633	82	8:04	14:00	13	0:20
2171	71	11:07	15:08	5	3:03
9437	66	14:14	22:32	15	3:07
2153	84	16:31	19:08	5	2:17
2871	70	17:20	21:18	4	0:49
2183	71	0:29	9:54	5	7:09

Продолжение таблицы А. 1

2103	71	4:02	5:50	13	3:33
2107	71	4:25	14:34	15	0:23
2417	71	10:15	22:28	5	5:50
9609	64	11:03	17:44	13	0:48
2147	71	14:52	7:31	15	3:49
2913	77	21:35	6:18	4	6:43
2181	71	22:42	2:01	5	1:07
1099	58	23:25	0:30	1	0:43
2185	71	3:42	10:19	5	4:17
2109	68	5:31	8:50	13	1:49
2111	71	6:45	14:29	4	1:14
2127	63	9:40	15:18	13	2:55
9643	71	10:34	18:23	5	0:54
2129	62	11:19	«брошен»	11	0:45
9435	71	0:01	«брошен»	4	12:42
1025	61	1:05	2:05	1	1:04
1099	66	10:11	11:06	5	9:06
2129	77	11:23	17:35	5	1:12
2163	71	20:22	14:40	5	8:59
2167	58	3:27	7:43	9	7:05
2107	72	6:44	23:42	4	3:17
2145	72	14:56	7:44	5	8:12
2181	62	21:25	3:56	15	6:29
2183	62	1:16	10:48	4	3:51
2107	64	8:43	12:14	5	7:27
2137	63	11:26	13:38	4	2:43
2147	83	15:01	17:29	15	3:35
2181	67	23:25	11:59	4	8:24
1361	58	23:44	0:52	1	0:19
2169	71	2:07	«брошен»	6	2:23
2135	67	11:08	13:55	13	9:01
2133	70	15:19	17:21	5	4:11
2181	67	23:25	11:59	4	8:06
1361	58	23:44	0:52	1	0:19
2169	71	2:07	11:03	6	2:23
2113	69	6:41	11:26	5	4:34
2135	67	11:08	13:55	13	4:27
2131	65	12:12	19:40	4	1:04
2133	70	15:19	17:21	5	3:07
1099	58	3:12	4:28	1	11:53
2173	43	5:58	18:30	3	2:46

Продолжение таблицы А. 1

9613	74	6:40	7:58	5	0:42
2117	69	8:46	11:02	5	2:06
2125	60	10:57	13:20	13	2:11
9643	70	11:24	19:05	5	0:27
2161	66	19:08	23:34	4	7:44
2171	60	1:40	3:40	11	6:32
1361	57	3:49	5:37	1	2:09
2115	68	6:14	13:09	5	2:25
2117	60	7:39	17:56	6	1:25
2153	82	18:15	20:56	5	10:36
1099	63	18:44	19:46	6	0:29
2163	64	21:02	18:48	6	2:18
2179	65	21:28	12:10	4	0:26
2167	71	23:59	10:49	5	2:31
2177	61	20:35	13:07	6	20:36
2173	78	3:34	11:26	4	6:59
2177	70	7:45	9:12	5	4:11
2119	83	8:30	15:33	15	0:45
2135	65	11:50	13:50	4	3:20
2143	64	13:23	15:00	6	1:33
9431	74	15:29	17:19	13	2:06
2151	60	15:50	20:08	7	0:21
2133	71	16:12	6:41	15	0:22
2153	71	17:38	20:59	13	1:26
1099	58	23:50	0:58	1	6:12

Таблица А. 2 – Сводные данные о характере поездопотока, поступающего в узел С. за июнь месяц, необходимые для анализа и моделирования процессов (часть данных)

Июнь					
Номер поезда	Длина поезда, усл.ваг.	Время прибытия, час/мин.	Время отправления, час/мин.	Номер пути приёма	Межпоездной интервал, час/мин.
1099	61	1:00	2:08	5	—
2173	56	2:45	Прибыл с П.	11	1:45
2121	69	7:33	1:49	6	4:45
9419	69	8:06	12:12	5	0:33
2135	76	12:30	14:34	5	4:24
2145	71	14:46	18:15	5	2:16

Продолжение таблицы А. 2

2151	78	16:19	17:49	13	1:33
2187	71	20:55	1:34	5	4:36
2163	64	23:52	12:50	11	2:57
2167	71	1:46	8:56	5	1:54
3587	57	2:28	15:13	6	0:44
2101	71	4:01	0:09	13	1:33
2121	45	7:30	18:10	7	3:29
2119	81	8:51	19:25	15	1:21
2129	67	9:14	17:15	5	0:23
1099	59	11:05	12:11	1	1:51
2151	71	15:29	15:26	11	3:18
2189	66	19:40	3:09	15	4:11
2101	82	3:58	7:36	5	8:18
2105	65	4:29	«брошен»	6	0:31
2117	68	6:45	9:35	4	2:16
2119	54	7:11	14:34	3	0:26
2121	80	8:07	14:46	5	0:56
2123	71	8:28	11:14	13	0:21
2137	62	12:06	18:01	4	3:38
2141	62	12:59	17:05	13	0:53
2145	65	14:02	11:34	15	1:03
2147	63	14:56	23:20	5	0:54
2157	71	18:36	9:58	4	3:40
2181	55	23:23	11:01	7	4:47
1025	62	0:21	1:14	1	0:58
2167	57	2:14	14:01	11	1:53
1317	56	2:57	3:51	1	0:43
2185	65	3:05	11:56	5	0:08
2135	55	12:19	17:59	5	9:14
2137	67	12:45	3:09	6	0:26
1281	57	14:08	15:03	13	1:23
2145	84	14:36	0:59	15	0:28
2151	71	15:31	19:50	4	0:55
2159	72	18:45	20:59	5	3:614
2195	64	20:10	5:02	4	1:25
2181	55	0:13	10:50	7	4:03
9661	71	2:54	14:34	5	2:41
2113	62	6:14	12:15	4	3:20
2123	52	8:01	3:10	3	1:47
2127	71	9:13	17:24	13	1:12
2133	72	11:29	23:01	11	3:28

Продолжение таблицы А. 2

2147	71	15:26	18:20	15	3:57
2153	71	18:31	19:26	15	3:05
2187	77	20:25	1:28	5	1:54
2181	71	21:58	2:15	4	1:33
2103	66	4:36	5:53	4	6:38
9639	60	7:33	12:03	5	0:23
2119	71	7:10	8:10	4	2:34
1025	66	8:51	10:40	13	1:18
2127	68	9:23	10:23	6	0:32
2125	65	12:22	17:46	5	2:59
2189	71	20:17	23:35	6	7:55
2163	77	21:23	1:08	15	1:06
2165	74	0:27	2:08	5	3:04
2127	83	9:05	11:17	5	8:38
1085	61	11:31	13:55	5	2:26
2175	63	13:34	15:13	15	2:03
2163	63	21:13	22:43	5	7:39
2167	59	1:16	3:08	5	4:03
2185	71	1:25	4:30	13	0:09
2103	71	4:38	15:32	13	3:13
1099	63	7:23	8:25	5	2:45
1027	57	11:17	13:02	5	3:54
2131	72	11:27	13:35	4	0:10
2137	82	12:36	5:02	15	1:09
2139	64	13:15	18:10	5	0:39
2149	57	16:32	18:40	4	3:17
2189	71	19:22	23:39	5	2:50
1025	70	20:16	21:06	13	0:54
1099	61	20:32	22:23	4	0:16
2167	71	1:28	5:43	5	4:56
2171	84	2:57	6:37	13	1:29
2173	71	3:27	7:44	11	0:30
2103	64	5:35	17:59	15	2:08
2127	75	9:08	13:09	13	3:33
2134	64	12:16	19:29	11	3:08
2145	71	14:57	22:24	5	2:41
2157	69	18:30	3:11	4	3:33
9659	63	23:04	5:43	11	4:34
1025	60	2:58	4:27	1	3:54
2117	70	7:18	13:35	5	4:20
2127	79	9:05	19:26	15	1:47

Продолжение таблицы А. 2

2187	71	20:37	22:23	13	11:32
2163	62	21:16	3:09	5	0:39
2167	57	22:46	11:55	11	1:30
2183	65	0:01	7:43	4	1:15
2107	64	5:25	9:57	13	5:24
2127	48	9:25	11:28	5	4:00
2129	67	10:20	21:00	15	0:26
2175	81	9:54	19:25	5	0:29
1025	61	14:12	15:21	6	3:52
2149	70	16:22	23:10	6	2:10
2193	71	18:54	23:48	4	2:32
2195	75	20:08	8:09	5	1:14
2171	71	23:22	7:47	15	3:14
2121	59	8:03	11:52	6	8:41
2127	70	8:50	17:04	5	0:47
2137	71	12:17	3:53	4	3:27
2193	71	17:16	20:56	5	4:59
2181	64	21:10	0:26	5	3:54
2183	67	0:48	6:44	5	3:38
2117	73	7:18	11:50	5	6:30
2131	69	10:49	13:30	13	3:31
2143	70	15:31	18:50	13	4:42
9635	57	22:30	23:38	5	6:59
2183	79	1:13	8:01	15	2:43
2169	71	2:14	7:40	4	1:01
2173	71	2:58	5:44	5	0:44
2113	67	6:00	9:56	5	3:02
2121	64	7:53	10:53	11	1:53
2135	84	12:33	14:01	5	4:40
2149	64	15:38	17:58	5	3:05
2193	62	17:25	18:55	11	1:47
2155	74	18:16	19:29	13	0:51
2103	68	4:33	7:20	5	10:17
1027	57	7:33	9:55	5	3:00
2135	70	12:10	14:41	13	4:37
2149	63	15:27	17:09	11	3:17
2153	69	17:43	6:08	15	2:16
2153	83	18:57	15:03	13	1:14
1025	57	21:14	22:30	6	2:17
1025	64	1:30	2:20	5	4:16
2185	71	3:22	14:56	6	1:52

Продолжение таблицы А. 2

2101	78	3:55	10:02	5	0:33
2111	77	7:22	18:31	15	3:27
2139	62	11:48	15:00	5	4:26
2151	63	16:20	5:03	5	4:32
2159	69	18:25	22:21	11	2:05
2189	64	19:30	2:19	15	1:05
2101	76	3:33	17:53	15	8:03
2107	81	5:27	8:07	5	1:54
2125	69	8:25	12:05	11	2:58
2135	66	12:15	19:48	5	3:50
2149	65	15:18	0:55	11	3:03
2159	60	18:43	8:05	15	3:25
2195	60	20:27	23:12	15	1:44
2181	65	23:24	1:29	5	2:57
2167	56	2:04	14:33	7	2:40
1099	67	4:08	5:02	11	2:04
2101	71	8:57	10:00	5	3:17
2105	77	5:40	13:05	11	1:32
2131	71	10:44	17:52	5	1:47
2147	82	14:55	17:10	13	4:11
2193	71	17:24	2:22	11	2:29
2187	70	20:10	21:10	5	2:46
2163	57	0:01	0:58	5	3:51
2163	51	21:20	1:42	15	21:19
2181	82	23:21	0:46	13	2:01
2183	55	0:52	5:03	5	1:31
2117	71	7:19	9:56	13	6:27
2119	74	7:33	10:09	5	0:14
1099	71	10:56	12:48	5	3:23
2135	71	13:00	14:30	5	2:04
2139	71	13:26	15:19	13	0:26
2163	67	23:26	15:53	11	10:00
2105	79	4:03	7:01	5	4:37
1025	70	8:01	10:19	5	3:58
9643	65	9:25	14:39	15	1:24
9645	63	11:37	13:33	5	2:12
2139	79	13:43	17:47	5	2:06
2153	55	17:43	5:51	15	4:00
1099	70	20:43	22:22	5	3:00
2163	62	23:03	0:13	5	2:20
2181	71	23:34	0:43	4	0:31

Продолжение таблицы А. 2

2123	56	8:00	13:53	5	8:26
2125	69	9:08	14:55	15	1:08
2131	71	10:57	14:33	13	1:49
2143	70	14:12	17:23	5	3:15
2155	71	18:11	22:38	5	3:59
2195	71	19:28	«брошен»	15	1:17
1099	61	22:47	23:45	11	3:19
2181	75	23:48	1:12	5	1:01
2165	57	0:53	7:59	9	1:05
2103	70	4:36	5:41	5	3:43
2131	67	11:23	14:31	11	6:47
2141	71	12:37	17:22	5	1:14
2147	84	14:32	16:59	13	1:55
2193	71	17:20	19:53	13	2:48
2161	56	19:10	«брошен»	11	1:50
2187	56	21:17	«брошен»	7	2:07
2181	70	23:03	7.25	5	1:46
2183	66	0:44	«брошен»	15	1:41
2167	71	1:58	3:07	13	1:14
1025	64	3:57	5.06	1	1.59
2119	71	7:36	11.17	5	3:39
2131	71	11:34	13.34	5	3:58
2149	68	15:19	22:23	5	3:45
2189	56	19:36	«брошен»	9	4:17
2187	66	21:19	11:01	4	1:43
2163	53	21:27	12:42	3	0:08
2165	67	0:22	1:32	5	2:55
2115	57	6:40	19:26	6	6:18
9647	80	11:57	12:50	5	5:17
2153	74	18:26	«брошен»	4	6:29
2155	64	18:40	«брошен»	15	0:14
2159	72	20:23	0:52	6	1:43
2163	72	21:27	4:25	4	1:04
1025	63	0:14	1:07	1	2:47
2173	66	4:45	9:58	4	4.31
2101	70	6:14	12:39	6	1:29
2131	75	10:13	19:14	4	3:59
2125	64	11:06	1:00	5	0:53
2139	61	16:07	«брошен»	11	5:01
2189	64	21:48	3:58	4	5:41
2181	73	23:16	3:35	13	1:28

Продолжение таблицы А. 2

2185	71	1:35	10:45	5	2:19
2141	74	6:12	11:14	4	4:37
2131	64	10:57	19:14	5	4:45
2135	84	12:21	«брошен»	15	1:24
2153	70	18:06	19:43	4	6:69
2159	63	19:25	22:21	5	1:19
2181	68	23:19	0:42	5	3:54
2165	79	0:22	1:39	13	1:03
2103	68	4:46	6:50	5	4:24
2119	61	7:21	13:19	9	2:35
2175	69	13:35	15:07	5	6:14
2147	57	13:57	17:29	9	0:22
2163	68	21:49	«брошен»	5	7:52
2111	68	5:35	7:15	4	7:46
2121	68	8:06	18:12	13	2:31
2125	68	9:57	11:10	4	1:51
1025	60	12:47	13:53	4	2:50
2153	66	17:50	19:55	5	5:03
2189	55	19:39	21:08	9	1:49
2181	70	23:28	1:43	6	3:49
2101	68	4:03	5:40	6	4:35
2109	68	5:38	8:16	4	1:35
2121	68	7:49	11:59	5	2:11
1269	71	10:41	12:12	13	2:52
2131	61	11:16	13:35	1	0:35
2175	84	14:37	15:41	13	3:21
2193	67	16:56	18:15	13	2:19
2155	57	17:41	3:34	15	0:45
2153	67	17:54	1:43	5	0:13
1025	59	20:23	21:26	1	2:29
2117	72	6:49	18:43	15	10:26
2121	57	7:51	10:10	9	1:02
2123	55	8:15	18:01	3	0:24
1099	57	10:50	13:13	5	2:35
2131	84	11:09	18:29	13	0:19
1025	70	11:41	12:54	1	0:32
2135	57	12:13	14:53	7	0:32
2193	65	17:39	19:09	5	5:26
1099	66	23:34	0:35	1	5:55

Таблица А. 3 - Сводные данные о характере поездопотока, состоящего из составов длиной более 85 усл. ваг., необходимые для анализа и моделирования процессов

Дата анализа 2023 г.	Межпоездной интервал прибытия, час/мин.	Время прибытия в узел С., час/мин.	Номер поезда	Длина поезда, усл. ваг.	Номер локомотива (серия ВЛ10(у), ВЛ11, 2ЭС6)
1 января	0:43	0:14	2181	100	632/633
	3:36	3:50	2105	86	63
	6:57	10:47	2129	100	661
	8:19	19:06	2153	85	545
	2:24	21:30	2155	100	97
2 января	3:18	0:48	2185	100	58/84
	1:34	2:22	2183	10	985
	5:48	8:10	9415	100	874
	4:09	12:19	2131	85	364/352
	0:57	13:16	2141	100	61
	1:53	15:09	2145	85	621
	1:50	16:59	2149	100	315
	5:42	22:41	2163	100	500
3 января	3:00	1:41	2185	85	944
	3:51	5:32	2107	100	717
	6:09	11:41	2135	100	61
	7:31	19:12	2149	87	435
	0:22	19:34	2163	100	58/84
4 января	4:54	0:28	2165	100	500
	5:37	6:05	2107	100	1840
	2:26	8:31	2123	85	72
	5:37	14:08	2143	100	1
	1:50	15:58	2145	97	987
	2:38	18:36	2159	100	612
	1:45	20:21	2163	85	1323
	3:12	23:33	2181	100	386/387
5 января	6:48	6:21	2105	85	702/681
	6:11	12:32	2139	85	114
	1:28	14:00	2147	100	1515
	6:16	20:16	2163	100	742
6 января	5:53	2:09	2185	100	114

Продолжение таблицы А. 3

	2:10	4:19	2101	100	336/338
	8:13	12:32	2135	100	435
	0:15	12:47	2137	92	223/283
	6:05	18:52	9435	100	309
	0:27	19:19	9437	100	920
	3:27	22:46	2185	85	833
7 января	7:16	6:02	2105	100	944
	0:34	6:36	2115	86	309
	6:20	12:56	2137	100	388
	8:56	21:52	2163	97	944
8 января	3:39	1:31	2185	93	920
	5:24	6:55	9637	90	807/808
	11:07	18:02	2153	100	584/543
	2:14	20:16	2163	85	807/808
	3:14	23:30	2181	90	59/60
9 января	3:49	3:19	2171	99	759/667
	5:45	9:04	2121	100	1776
	4:01	13:05	2135	85	223/283
	4:47	17:52	2149	100	1501
	3:06	20:58	2161	100	944
10 января	7:22	4:20	2185	100	771
	2:43	7:03	2101	100	1334
	3:21	10:24	2123	85	793/794
	3:17	13:41	2133	100	216
	5:31	19:12	9437	99	96
11 января	12:24	7:36	2115	99	96
	5:43	13:19	2131	95	923
	7:56	21:15	2165	100	83/80
12 января	10:46	8:01	2119	100	474
	4:12	12:13	9429	95	791/790
	6:12	18:25	2157	100	567
13 января	6:35	1:00	2183	85	699/667
	10:05	11:05	2133	100	68/73
	3:11	14:16	9651	85	221
	7:39	21:55	2163	100	386/387
14 января	9:19	7:14	2117	90	865
	1:00	8:14	2125	85	797/796

Продолжение таблицы А. 3

	3:32	11:46	2123	100	349
	1:34	13:20	2135	99	668/685
	3:02	16:22	2149	100	40/41
	2:42	19:04	2153	100	218/217
	2:11	21:15	2163	85	942
15 января	3:56	0:11	2181	100	885
	3:11	3:22	2169	91	572/606
	5:18	8:40	2121	100	797/796
	2:46	11:26	2133	85	364/352
	5:59	17:25	9433	85	581/569
16 января	14:56	8:21	2121	96	293
	4:13	12:34	2135	100	1576
	2:21	14:55	2147	85	818/736
	7:50	22:45	2163	99	24/23
17 января	5:14	3:59	2103	100	202/203
	6:48	10:47	2131	85	1576
	2:21	13:08	2143	97	377
	3:43	16:51	9653	99	997
	5:33	20:24	2163	100	1024
	3:07	23:31	2181	95	377
18 января	9:15	8:46	2121	100	1024
	9:34	18:20	2155	99	343
19 января	9:26	3:46	2101	100	202/203
	7:39	11:25	2133	100	177
	0:46	12:11	2137	86	747
	9:24	21:35	2181	100	336/338
20 января	6:45	4:10	2103	99	924
	3:54	8:04	2123	100	336/338
	12:16	20:20	2163	100	336/338
21 января	4:55	1:15	2183	100	595
	6:07	7:22	2119	100	202/203
	8:14	15:36	2149	100	595
	2:29	18:15	2155	91	44
	4:04	22:19	1025	113	571/582
22 января	2:49	1:08	2183	85	616/615
	5:36	6:44	2117	89	791/790
	2:36	9:20	2127	86	229/171

Продолжение таблицы А. 3

	9:34	18:54	2157	100	166/167
23 января	6:57	1:51	2183	100	685
	1:53	3:44	2173	100	93
	4:02	7:46	2119	100	411
	7:33	15:19	2147	100	761/762
24 января	10:33	1:52	2167	100	791/790
	2:32	4:25	2101	91	888
	6:30	10:55	2129	100	223/283
	3:34	14:29	2145	100	93
25 января	11:07	1:36	2185	86	93
	1:52	3:22	2173	100	722/712
	1:10	4:32	2103	85	180/179
	2:59	7:31	2121	100	761/762
	3:18	10:49	2129	100	224
	7:01	17:50	2153	100	584/543
26 января	9:10	3:00	2171	100	224
	9:29	12:29	2139	99	217
	5:24	17:53	2153	98	354/445
27 января	7:46	0:39	2183	85	217
	3:20	3:59	2101	100	703
	0:34	4:33	2103	85	591/590
	4:45	9:18	2127	99	863
	3:10	12:28	2135	96	118
	2:36	15:04	2145	85	607
	3:15	18:19	2155	100	1329
	2:53	21:12	2187	99	591/590
28 января	4:16	1:28	2185	91	217
	2:06	3:34	2101	100	224
	1:04	4:38	2103	85	73
	7:56	12:34	2139	99	632/633
	1:32	14:06	9429	99	217
	1:46	15:52	9431	92	474
	4:24	20:16	2187	100	38
29 января	4:19	0:35	2165	85	180/179
	2:13	2:48	2169	100	817
	4:57	7:45	2119	85	700/684
	0:39	8:24	2121	100	253/224

Продолжение таблицы А. 3

	5:41	14:05	2143	100	38
	3:55	18:00	2153	99	180/179
	3:38	21:38	2163	100	98
30 января	9:34	7:12	9417	100	177
	0:52	8:04	2121	86	745/743
	4:05	12:09	2137	90	571/582
	2:28	14:37	2143	85	180/179
31 января	9:37	0:14	2165	100	745/743
	1:46	2:00	2167	88	571/582
	7:19	9:19	2127	100	57
	5:42	15:01	2147	100	571/582
	4:24	19:25	2189	99	253/224
	1:54	21:19	2163	85	546/545
	1:58	23:17	2181	90	875/757
1 февраля	4:58	4:15	2101	97	723/712
	4:32	8:47	2123	85	546/545
	10:01	18:48	2157	99	306/227
	2:19	21:17	9659	87	614/615
	2:26	23:43	2165	85	32/29
2 февраля	3:09	2:52	2169	89	1776
	0:43	3:35	2173	85	34
	4:06	7:41	2119	100	546/545
	3:10	10:51	2121	100	1430
	1:13	12:04	2129	99	225
	2:03	14:07	2143	90	347/348
	3:52	17:59	9433	100	668/685
	1:41	20:16	2187	100	21
	3:19	23:35	2181	97	546/545
	0:36	18:35	2157	85	34
3 февраля	4:37	4:12	2105	95	225
	10:08	14:20	9429	100	771
	3:56	18:16	2155	92	194
	0:53	19:09	2157	100	225
4 февраля	8:29	3:38	9441	100	228
	2:28	6:06	2109	99	716/715
	4:10	10:16	2111	85	885
	2:13	12:29	2137	85	194

Продолжение таблицы А. 3

	6:16	18:45	2159	88	228
	4:28	23:13	2181	100	885
5 февраля	1:36	0:49	2165	100	924
	4:05	4:54	9441	85	281
	1:19	6:13	2113	100	194
	1:40	7:53	2101	100	1797
	4:28	10:21	2121	91	759/667
	3:51	14:12	2143	100	885
	3:34	17:46	2153	93	325/319
	2:44	20:30	2161	85	1797
6 февраля	9:39	6:09	2113	100	860
	1:33	7:42	2119	100	885
	1:10	8:52	2123	85	1797/194
	4:16	13:08	2141	94	357
	1:39	14:47	2143	100	1047
	4:14	19:01	2161	99	145/60
	4:30	23:31	2181	100	571/582
7 февраля	5:02	4:33	2101	100	1797
	5:27	10:00	2127	100	34
	4:34	14:34	2145	85	571/582
	4:36	19:10	9437	100	109
	2:07	21:17	2187	93	37/30
	0:18	21:35	2163	85	546/545
8 февраля	7:02	4:37	2103	100	614/615
	4:33	9:10	2125	100	37/30
	5:06	14:16	2143	100	699/667
	3:40	17:56	2153	100	700/684
	0:40	18:36	2157	92	646/585
	3:06	21:42	2167	100	37/30
9 февраля	3:44	1:26	2185	100	756/736
	6:47	8:13	9421	100	571/582
	7:07	15:20	2149	99	999
	4:59	20:19	2187	99	571/582
10 февраля	3:57	0:16	2165	100	756/736
	2:49	3:05	2171	85	334/333
	9:13	12:18	2135	100	315
	5:36	17:54	2153	97	77

Продолжение таблицы А. 3

	1:47	19:41	2157	100	347/348
	4:03	23:44	2181	85	595
11 февраля	3:36	3:20	2171	100	166/43
	2:35	5:55	2113	100	315
	5:23	11:18	2115	100	595
	6:23	17:41	2151	100	924
12 февраля	10:41	4:22	2101	98	355
	8:54	13:16	2133	99	657
	1:50	15:06	2147	85	742
	1:59	17:05	9433	100	298/395
	2:39	19:44	9435	100	923
	1:45	21:29	2187	85	38
13 февраля	5:54	3:23	2181	100	399
	4:16	7:39	9633	100	201
	3:13	10:52	9423	100	923
	0:22	11:14	2131	85	38
	3:04	14:18	2145	85	355
14 февраля	10:43	1:01	2183	100	742
	1:42	2:43	2171	85	288/395
	1:28	4:11	2109	100	876
	7:55	12:06	2135	100	96/98
	6:13	18:19	2159	90	355
	3:09	21:28	2163	100	288/395
15 февраля	2:35	0:03	2165	100	96/98
	4:25	4:28	2103	90	24/23
	1:35	6:03	2107	100	235/237
	3:04	9:07	2127	96	288/395
	3:55	13:02	2141	87	581/569
	6:18	19:20	2189	100	235/237
16 февраля	12:22	7:42	2121	100	96/98
	0:28	8:10	9419	85	657
	2:57	11:07	2133	100	288/395
	12:16	23:23	2181	100	334/333
17 февраля	2:18	1:41	2185	100	109
	5:37	7:18	2117	99	288/395
	2:50	10:08	2127	100	282/291
	4:28	14:36	9431	98	833

Продолжение таблицы А. 3

	1:09	15:45	2147	100	1334
	5:39	21:24	2163	93	40/41
	2:32	23:56	2181	85	282/291
18 февраля	2:48	2:44	2171	96	450/447
	1:50	4:34	2101	99	771
	7:22	11:56	2135	85	282/291
	3:21	15:17	2149	95	657
	1:33	16:50	2151	85	997
	4:05	20:55	2187	100	40/41
	1:52	22:47	9659	94	404
19 февраля	3:58	2:45	9439	100	657
	2:45	5:30	9415	95	180/179
	5:14	10:44	9423	100	97
	4:05	14:49	2143	100	404
	3:16	18:05	2153	85	489
	5:02	23:07	2181	85	406/404
20 февраля	12:11	11:18	2133	98	793/794
	3:12	14:30	2143	89	567
	7:02	21:32	2163	100	759/667
21 февраля	8:32	6:04	2109	85	376
	0:53	6:57	2113	98	726/711
	5:56	12:53	2131	85	414
	1:28	14:21	2143	100	228
22 февраля	10:19	0:40	2183	85	567
	5:20	6:00	2105	91	118
	1:43	7:43	2117	100	772
	4:49	12:32	9429	99	308/307
	4:08	16:40	2151	100	567
	4:50	21:30	2187	85	224
23 февраля	6:41	4:11	2101	100	567
	7:03	11:14	2133	100	724/693
	6:56	18:10	2157	100	590
	4:26	22:36	2181	85	224
24 февраля	1:55	0:31	2165	90	716/732
	7:53	8:24	9421	100	224
	4:10	12:34	2135	100	93
	5:17	17:51	2155	100	32/29

Продолжение таблицы А. 3

	0:23	18:14	2161	99	166/167
	2:18	20:32	2187	100	399
25 февраля	8:56	5:28	2101	100	905
	3:53	9:21	2127	100	435
	1:34	10:55	2131	100	435
	5:16	16:11	2151	94	378/379
	6:47	22:58	2181	85	929
26 февраля	5:16	4:14	2173	100	235/237
	2:37	6:51	2117	85	347/348
	4:21	11:12	2131	100	1005
	3:40	14:52	2147	85	325/237
	0:47	15:39	2149	98	194
	3:35	19:14	2161	100	224
27 февраля	12:11	7:25	2115	100	886
	0:31	7:56	2117	85	224
	4:56	12:52	2135	100	771
	0:26	13:18	2427	86	417/416
	4:01	17:19	2151	89	308/307
28 февраля	12:11	5:30	2105	100	38
	1:12	6:42	2111	85	1
	0:52	7:34	2121	91	224+44
	4:17	11:51	2131	100	781
	6:09	18:00	2155	99	282/291
	2:10	20:10	2187	89	38
	2:32	22:42	9439	100	224
1 марта	3:27	2:09	2165	99	927
	3:40	5:49	2105	100	21
	6:41	12:30	2139	99	58/84
	1:57	14:27	9651	85	927
	5:43	20:10	2187	100	229/171
2 марта	3:59	0:09	2165	92	21
	1:20	1:29	2185	85	927
	6:13	7:42	2119	85	957
	0:18	8:00	9639	100	715
	3:14	11:14	2133	85	21
	1:17	12:31	2139	100	73
	2:33	15:04	2147	100	927

Продолжение таблицы А. 3

	5:11	20:15	2187	100	280/284
3 марта	4:05	0:20	2165	100	405/404
	5:08	5:28	9611	100	927
	8:56	14:24	2145	99	767
	6:20	18:44	2161	100	166/167
	4:11	22:55	2163	85	58/84
4 марта	4:24	3:19	2173	99	767
	6:08	9:27	2127	97	109
	5:44	15:11	2147	100	166/167
	3:58	19:09	9437	100	312/236
	1:11	20:20	2189	89	405/404
	1:08	21:28	2187	100	1016
5 марта	5:33	3:01	2169	85	1604/1391
	5:09	8:10	2123	100	405/404
	5:20	13:30	2175	99	312/236
	3:26	16:56	2139	91	1604/1394
	2:36	19:32	2195	88	1016+880
	3:44	23:16	2181	85	409
6 марта	13:26	12:42	2139	100	880
	2:23	15:04	2145	100	305/304
	2:48	17:52	2149	98	435
	5:43	23:35	2181	85	813/809
7 марта	0:58	0:33	2165	92	118
	1:33	2:06	2167	85	614/615
	1:37	3:43	2173	92	720
	2:16	5:59	2109	85	305/304
	8:45	14:44	2149	85	1371+118
	0:22	15:06	2145	100	614/615
	2:47	17:53	2155	85	813/809
8 марта	7:44	1:37	2167	98	118
	2:20	3:57	2101	90	813/809
	2:54	6:51	2111	85	793/794
	1:23	8:14	2125	100	1371+720
	3:14	11:28	2133	100	97
	2:07	13:35	2175	99	411
	4:03	17:38	2157	85	118
	5:45	23:23	2181	88	793/794

Продолжение таблицы А. 3

9 марта	8:14	7:37	2115	100	982
	6:49	14:26	9429	100	982
	4:00	18:26	2155	85	226
10 марта	6:48	1:14	2183	95	659
	10:04	11:18	2131	85	202/203
	0:59	12:17	2137	99	707
	9:01	21:18	2163	100	226
11 марта	8:52	6:10	2111	100	288/395
	6:43	12:53	2141	85	202/203
	5:14	18:07	2155	95	226
	2:19	20:26	2159	99	97
12 марта	3:41	0:07	2181	100	272/281
	1:55	2:02	2169	91	174/173
	3:38	5:40	2109	92	399
	2:37	8:17	2123	100	226
	3:09	11:26	2133	100	98
	6:03	17:29	2193	100	817
	4:12	21:41	2195	91	180/179
	1:42	23:23	2181	85	770/772
13 марта	2:27	1:50	2183	100	226
	7:04	8:54	2127	100	180/179
	5:05	13:59	2191	99	930
	3:44	17:43	2153	100	880
	2:40	20:23	2189	99	288/395
14 марта	6:57	3:20	2173	99	349
	17:00	20:20	2195	100	32/29
15 марта	6:32	2:52	2171	100	349
	1:26	4:18	2101	122	715
	8:57	13:15	2175	100	253/254
	1:35	14:50	2145	100	595
	2:54	17:44	2153	100	349+715
16 марта	7:01	0:45	2183	99	985
	2:57	3:42	9415	89	253/254
	2:23	6:05	2111	100	349
	1:55	8:00	2121	85	196
	4:00	12:00	9425	98	573/491
	0:40	12:40	2139	86	873

Продолжение таблицы А. 3

	4:00	16:40	2149	97	253/254
	2:02	18:42	9655	100	876
	0:29	19:11	2195	85	745/743
17 марта	10:09	5:20	2105	99	325/319
	5:25	10:45	2131	98	745/743
18 марта	13:37	0:22	2183	100	659
	6:27	6:49	2117	100	573/491
	7:46	14:35	2145	99	971
	4:22	18:57	2159	100	295/298/300
19 марта	6:21	1:18	2183	100	306/227
	9:47	11:05	2133	100	38
	7:03	18:08	2155	85	668/685
	2:29	20:37	2195	99	920
	0:37	21:14	2185	85	318/319
20 марта	4:33	1:47	2187	100	755/733
	4:16	6:03	2101	85	73
	2:49	8:52	2123	85	833
	5:17	14:09	2135	100	202/203
	5:11	19:20	9433	100	1001
21 марта	9:10	4:30	9415	96	875
	13:14	17:44	2153	100	1739
22 марта	9:18	3:02	2171	100	721/758
	2:17	5:19	2101	100	875
	9:08	14:27	2145	100	378/379
	3:05	17:32	2153	100	1739
	2:51	20:23	2187	85	207
23 марта	4:46	1:09	2183	88	646/585
	2:15	3:24	2101	99	771
	17:53	21:17	2185	85	406/469
24 марта	5:33	2:50	2171	95	76
	3:26	6:16	2113	86	221/171
	2:20	8:36	2127	100	311/338
	4:30	13:06	2175	100	833
	1:40	14:46	3777	85	433+771
	3:06	17:52	2153	100	875
25 марта	7:06	0:58	2185	100	833
	2:35	3:33	2173	100	433

Продолжение таблицы А. 3

	4:31	8:04	9419	85	573/491
	2:45	10:49	9423	85	920
	6:40	17:29	2193	92	272/281
	3:33	21:02	2163	100	33/34
	2:03	23:05	2181	85	573/491
26 марта	2:09	1:14	2185	90	818/736
	7:27	8:41	2129	100	409/408
	2:18	10:59	2127	97	404
	3:12	14:11	2131	100	807/808
	7:41	21:52	2163	91	312/236
27 марта	2:19	0:11	2165	86	404
	3:14	3:25	2169	90	942
	2:52	6:17	2111	99	295/298/300
	10:50	17:07	2193	86	76
	2:38	19:45	2159	85	1495
	4:03	23:48	2165	97	295/298/300
28 марта	4:15	4:03	2101	87	76
	1:47	5:50	2111	100	1005
	2:52	8:42	2125	91	207
	2:25	11:07	2129	85	807/808
	1:28	12:35	2139	88	295/298/300
	7:44	20:19	2187	85	1005
29 марта	6:16	2:35	2167	100	136
	3:15	5:50	2103	93	350
	6:56	12:46	2141	100	282/291
	4:35	17:21	2153	100	295/298/300
30 марта	8:36	1:57	2167	85	473
	4:10	6:07	9415	100	295/298/300
	4:20	10:27	2129	91	1799
	7:43	18:10	2155	85	922
	1:11	19:21	2161	100	295/298/300
31 марта	6:39	2:00	2185	100	305/304
	2:46	4:46	2101	97	500
	7:32	12:18	2135	89	21
	2:26	14:44	2149	99	990/291
	0:28	15:12	2151	85	305/304
	5:08	20:20	2195	100	1023

Продолжение таблицы А. 3

	3:04	23:24	2181	85	102
1 апреля	6:02	5:26	2103	100	305/304
	4:51	10:17	2123	96	544/543
	0:40	10:57	2127	85	123
	2:35	13:32	2175	100	1023
	1:25	14:57	2147	85	435
	4:41	19:38	2189	85	305/304
2 апреля	8:04	3:42	2101	85	435
	7:32	11:14	2135	100	295/298/300
	6:40	17:54	2155	95	281/569
	2:26	20:20	2913	85	1023
3 апреля	13:32	9:52	2129	100	328/469
	8:11	18:03	2155	100	315
	3:07	21:10	2159	85	1388/1614
	1:55	23:05	2163	91	601
4 апреля	2:32	1:37	2183	97	328/469
	1:21	2:58	2169	85	473
	9:13	12:11	2135	85	1388/1614
5 апреля	13:46	1:57	2163	94	228
	0:45	2:42	2171	85	213
	3:52	6:34	9441	100	98
	5:20	11:54	2131	99	769
	0:44	12:38	2137	85	922
	2:27	15:05	2149	98	42/41
	5:19	20:24	2187	85	213
	1:08	21:32	2163	91	411
6 апреля	5:49	3:21	2173	100	42/41
	7:57	11:18	2133	100	287
	7:07	18:25	9433	100	920
	1:25	19:50	2153	99	1585
	2:39	22:29	2155	100	772
7 апреля	2:55	1:24	2185	85	874
	0:35	1:59	9659	95	61
	1:51	3:50	2171	97	831
	0:33	4:23	2173	85	601
	5:04	9:27	2127	85	772
	11:57	21:24	9659	100	235/237

Продолжение таблицы А. 3

8 апреля	4:26	1:50	2185	85	61
	1:09	2:59	2183	97	435
	2:28	5:27	2105	85	435
	3:48	9:15	2125	85	177
	1:53	11:08	2133	90	217
	5:08	16:16	2151	100	591/590
	6:54	23:10	2163	100	343
9 апреля	2:02	1:12	2185	85	174/173
	3:08	4:20	2103	100	1840
	19:05	23:25	2181	100	142
10 апреля	5:21	4:46	2103	91	98
	1:50	6:36	2111	100	1152
	12:05	18:41	2157	100	634/633
	2:15	20:56	2187	100	221/171
11 апреля	5:06	2:02	2171	100	682
	2:05	4:07	2101	88	199/203/200
	1:59	6:06	2113	100	885+944
	3:14	9:20	2127	85	166/167
	3:20	12:40	9425	90	114
	2:08	14:48	2145	85	702/684
	4:50	19:38	2193	99	830
12 апреля	7:44	3:22	2173	100	702/684
	1:59	5:21	2105	101	114
	3:55	9:16	2125	100	601/600
	6:58	16:14	2153	99	407/408
	2:10	18:24	9433	100	289
13 апреля	0:47	2:45	2173	98	971
	7:34	1:58	2185	86	601/600
	1:30	4:15	9441	85	279
	0:55	5:10	2103	100	180/179
	5:15	10:25	2129	86	194
	0:41	11:06	2133	85	407/408
	2:59	14:05	2139	100	417
	7:35	21:40	2163	100	194
14 апреля	3:58	1:38	2165	85	180/179
	8:34	10:12	2107	96	880+747
	4:40	14:52	2191	87	180/179

Продолжение таблицы А. 3

	4:08	19:00	2157	99	830
	3:40	22:40	2187	85	216
15 апреля	2:28	1:08	2183	85	747
	12:58	14:06	9425	99	1776
	3:44	17:50	2193	100	1023
	4:55	22:45	2163	99	807/808
16 апреля	2:16	1:01	2165	85	706
	5:34	6:35	2109	95	905
	2:12	8:47	9641	99	581/569
	5:15	14:02	2191	90	573/491
	2:53	16:55	2149	100	706
17 апреля	7:31	0:26	2167	100	930+742
	2:19	2:45	9659	85	905
	2:47	5:32	2105	95	1334
	8:54	14:26	9429	100	350
	7:10	21:36	2163	90	226
18 апреля	6:10	3:46	2173	100	435
	4:50	8:36	2115	94	177
	2:09	10:45	2129	100	279
	7:21	18:06	2155	100	1008
	5:12	23:18	2163	100	435
19 апреля	3:49	3:07	2101	100	145/60
	4:29	7:36	9417	100	478
	3:38	11:14	9419	85	377
	7:17	18:31	2153	95	350
	1:00	19:31	2161	85	1016
20 апреля	7:15	2:46	2167	100	145/60
	9:44	12:30	2137	85	545
	5:25	17:55	2153	100	920
21 апреля	8:03	1:58	2185	100	218/217
	4:00	5:58	2103	100	545
	4:19	10:17	2125	97	253/224
	7:35	17:52	2153	100	293
	5:25	23:17	2181	100	668/685
22 апреля	19:09	18:26	2157	99	290/291
23 апреля	7:39	2:05	2167	99	217
	5:10	7:15	2119	98	700/684

Продолжение таблицы А. 3

	6:09	13:24	2139	99	207
	2:31	15:55	2149	100	235/237
	2:24	18:19	2153	100	698/703
24 апреля	7:11	1:30	2185	100	253/224
	1:51	3:21	9659	96	581/569
	2:26	5:47	2173	85	671/685
	0:51	6:38	2111	85	235/237
	7:23	14:01	2191	85	721/758
	1:38	15:39	2147	99	253/224
	6:41	20:20	2153	100	404
25 апреля	21:06	17:26	2151	85	759/657
	1:50	19:16	2161	85	314
	2:14	21:30	2163	100	923
26 апреля	3:56	1:26	2167	100	288/395
	1:33	2:59	2171	86	174/173
	10:02	13:01	2141	99	288/395
	3:17	18:02	2155	100	759/667
	0:25	13:26	2137	85	1337
	1:19	14:45	2175	85	174/173
27 апреля	8:56	2:58	2173	90	174/173
	2:48	6:14	9415	85	288/395
	0:28	3:26	2137	100	1337
	8:31	14:45	2175	85	174/173
	7:00	21:45	2163	99	759/667
	2:06	23:51	2181	90	109
28 апреля	3:28	3:19	2101	85	920
	2:05	5:24	2103	97	920
	3:27	8:51	2125	85	1337
	2:23	11:14	2133	94	759/667
	7:20	18:34	9435	100	920
	5:06	23:40	2181	85	759/667
29 апреля	3:01	2:41	2171	100	666
	4:14	6:55	2117	98	3
	0:41	7:36	2113	85	825/693
	2:38	10:14	2131	89	306/227
	2:30	12:44	2139	90	825/693
	6:22	19:06	2161	100	34

Продолжение таблицы А. 3

	3:36	22:42	2163	100	879
30 апреля	3:16	1:58	2167	85	109
	10:24	12:22	9423	100	707
	5:19	17:41	2141	85	716/732
	2:39	20:20	2151	85	804/805
1 мая	6:51	3:11	2165	85	590
	2:17	5:28	2105	100	661
	3:50	9:18	2127	85	745/743
	5:34	14:52	2149	100	478
2 мая	14:43	5:35	2109	98	494
	9:25	15:00	9651	85	167
	1:02	16:02	2147	98	364/352
	5:22	21:24	2189	99	647/569
3 мая	8:06	5:30	2109	99	722/712
	7:42	13:12	2141	100	221/171
4 мая	11:18	0:30	2165	100	32/29
	4:43	5:13	2105	85	494
	13:07	18:20	9435	95	347/348
5 мая	12:15	6:35	2115	90	32/29
	7:28	14:03	2175	98	572/606
	3:59	18:02	2149	99	557
	3:14	21:16	2187	100	221/171
6 мая	8:02	5:18	1025	124	572/606
	0:59	6:17	2103	90	761/762
	9:37	15:54	2147	100	1799
7 мая	8:56	0:50	2183	100	761/762
	13:58	14:48	2149	88	39/84
	6:41	21:29	2187	100	544/543
	1:11	22:40	2163	97	288/395
8 мая	6:32	5:12	2105	85	761/762
	5:02	10:14	2125	100	378
	4:25	14:39	2145	85	858
	8:32	23:11	2181	100	378
9 мая	7:45	6:56	2117	100	1001
	4:48	11:44	2131	99	126
	3:02	14:46	2145	100	308/307
10 мая	9:28	0:14	2165	90	1008

Продолжение таблицы А. 3

	3:27	3:41	2103	89	1001
	13:28	17:09	2153	100	218/217
	2:02	19:11	2161	85	349
	2:32	21:43	2163	98	793/794
11 мая	13:16	10:59	2129	99	350
	3:09	14:08	2145	87	793/794
	5:10	19:18	2189	100	544/543
12 мая	7:49	3:07	2173	85	349
	1:36	4:43	2101	100	632/533
	0:48	5:31	2105	85	378
	14:49	20:20	2187	97	433
13 мая	6:36	2:56	2171	85	573/491
	2:32	5:28	2105	99	194
	3:42	9:10	9641	100	1331
	4:08	13:18	2139	100	130
	2:35	15:53	2149	85	573/491
	1:08	17:01	2191	100	616/615
	4:22	21:23	2163	88	280/224
14 мая	9:31	6:54	2117	100	573/491
	6:33	13:27	2141	88	295/300
	3:56	17:23	2193	100	706
	2:52	20:15	2195	85	1324
15 мая	6:58	3:13	2169	85	910
	3:28	6:41	2113	88	601/600
	6:11	12:52	2139	85	174/173
	5:58	18:50	2157	97	601/600
	2:06	20:56	2187	89	607
16 мая	5:15	2:11	9439	99	957
	3:27	5:38	2105	85	927
	10:42	16:20	2151	98	877
17 мая	13:47	6:07	2107	97	825/693
	0:32	6:39	2113	85	877
	6:33	13:12	2139	100	642
	6:55	20:07	2189	99	395
18 мая	12:41	8:48	2127	85	223/283
	6:02	14:50	2145	100	253
	4:50	19:40	2153	85	1333

Продолжение таблицы А. 3

	0:28	20:08	2447	98	642
19 мая	9:50	5:58	2109	100	1152
	1:48	7:46	2117	88	777/776
	6:25	14:11	2133	99	114
	9:04	23:15	2181	100	874
20 мая	4:50	4:05	2101	99	225
	1:55	6:00	2105	89	601
	8:02	14:02	2191	100	1340
	3:49	17:51	9435	99	777/776
21 мая	7:48	1:39	2185	98	328/469
	2:33	4:12	9441	85	921
	1:52	6:04	2107	94	355
	4:53	10:57	9423	85	544/543
	1:00	11:57	2153	91	607
	0:15	12:22	2133	85	545
	2:05	14:27	2139	100	21
	2:57	17:24	2191	100	957
	0:51	18:15	2193	85	84
22 мая	14:25	8:40	2123	85	84
	4:52	13:32	2141	100	329
	5:18	18:50	2155	100	607
23 мая	18:20	13:10	2141	100	1030
	5:22	18:32	2159	100	444/447
24 мая	6:48	1:20	2185	99	220
	4:52	6:12	2107	99	314
	0:37	6:49	2111	85	1203
	6:43	13:32	2175	99	312/236
	5:22	18:54	2153	100	376
25 мая	7:51	2:45	2185	100	447/447
	4:59	7:44	2119	100	797/796
	6:30	14:14	2191	85	376
26 мая	12:56	3:10	2101	99	21/19
	4:11	7:21	2119	85	1801
	1:30	8:51	9421	100	567
	9:52	18:43	2159	100	722/712
27 мая	6:56	1:39	2185	85	83/80
	7:40	9:19	2127	99	760/761

Продолжение таблицы А. 3

	6:25	15:44	2151	100	806/805
	3:45	19:29	2195	85	756/736
28 мая	7:25	2:54	2171	100	1372
	7:16	10:10	9645	104	305/304
	0:59	11:09	2131	100	699/667
	1:53	13:02	9425	100	874
	2:45	15:47	9431	97	949+890
	7:26	23:13	9393	100	756/736
29 мая	7:25	6:38	2113	99	757
	4:32	11:10	2131	92	584/543
	0:24	11:34	2133	100	874
	3:11	14:45	2145	85	760/761
	6:09	20:54	2187	100	473
30 мая	17:22	14:16	2143	100	473
	4:16	18:32	2157	85	433
	1:58	20:20	2161	99	306/302
31 мая	5:10	1:30	9439	100	1801
	6:06	7:36	2119	85	599/600
	7:13	14:49	2143	99	949
	2:39	17:28	2151	85	1030
	3:00	20:28	2187	100	806/805
1 июня	11:48	8:16	2123	100	107/106
	3:38	11:54	2131	100	216
	8:29	20:23	2195	97	816/815
	2:27	22:50	2893	96	295/300
2 июня	2:18	1:08	2183	103	107/106
	12:07	13:15	2175	100	875
	8:10	21:25	2187	100	232/211
	2:12	23:37	2181	100	109
3 июня	4:21	3:58	2101	100	109
	1:30	5:28	2173	100	506
	11:56	17:24	2193	100	109
4 июня	7:02	0:26	2165	100	816/815
	5:31	5:57	2111	93	209/291
	4:53	10:50	2125	99	647/569
	4:30	15:20	3167	85	921
	2:09	17:29	2191	97	1332

Продолжение таблицы А. 3

5 июня	7:18	0:47	2165	100	290/291
	4:40	5:27	2105	85	647/569
	13:55	19:22	2161	85	235/237
6 июня	4:58	0:20	2165	98	232/211
	1:34	1:54	2105	85	647/569
	10:07	12:01	2161	85	235/237
7 июня	16:29	4:30	2103	100	406/404
	8:45	13:15	2141	110	334/333
	5:15	18:30	2153	90	328/469
	1:50	20:20	2195	100	405/404
	2:37	22:57	2181	100	325/319
8 июня	16:50	15:47	2193	92	75
9 июня	8:26	0:13	2165	100	334/333
	14:21	14:34	2143	99	571/582
	3:06	17:40	2155	99	334/333
10 июня	8:35	2:15	2185	99	807/808
	9:33	11:48	2137	98	671/685
	4:00	15:48	2151	95	334/333
	4:29	20:17	2189	89	759/667
11 июня	10:39	6:56	9415	87	545
	3:55	10:51	9423	100	295/298/300
	8:41	19:32	2161	100	571/582
12 июня	7:23	2:55	2167	100	771
	1:21	4:16	2103	85	347/348
	1:43	5:59	2109	97	700/684
	12:02	18:01	2155	92	39/84
	2:31	20:32	2157	100	303/323
	2:03	22:35	2163	85	414
	0:35	23:10	2181	100	741/732
13 июня	4:36	3:46	2101	97	406/404
	1:33	5:19	2109	100	107/106
	14:55	20:14	2195	85	177
14 июня	7:57	4:11	2101	100	364/352
	4:05	8:16	2123	88	672
	0:40	8:56	2125	100	655/703
	12:38	21:34	2163	100	923
	1:54	23:28	2181	100	672

Продолжение таблицы А. 3

15 июня	1:55	1:23	2185	86	634/633
	1:57	3:20	9441	95	1026
	3:16	6:36	9415	94	72
	1:38	8:14	9419	99	923
	2:52	11:06	9423	85	32/29
	5:02	16:08	2151	107	573/491
	6:59	23:07	2181	100	923
16 июня	3:51	2:58	2171	91	621
	1:58	4:36	2103	97	130
	3:20	7:56	2123	85	722/712
	3:13	11:09	2125	100	376
	4:03	15:12	2149	85	303/323
	6:14	21:26	2163	99	450
17 июня	5:15	2:41	2169	100	223/283
	9:05	11:46	2131	100	450
	4:03	15:49	2151	100	607
	5:19	21:08	2187	99	1698
18 июня	6:07	3:15	2173	99	672
	8:32	11:47	2135	100	1023
	6:19	18:06	9433	89	672
19 июня	9:44	3:50	2103	85	407/408
	6:36	10:26	2127	100	715
	0:21	10:47	2129	85	174/173
	4:22	15:09	2147	100	288/395
	6:30	21:39	2187	94	435
	1:39	23:18	2189	100	174/173
20 июня	3:34	2:52	9439	100	58/84
	2:15	5:07	2103	99	225
	3:58	9:05	9421	100	880
	8:49	17:54	9433	99	58/84
	2:29	20:23	2155	99	303/323
	2:25	22:48	2157	99	39/84
21 июня	5:17	4:05	2101	100	235/237
	3:14	7:19	2117	96	409
	8:55	16:14	2193	100	312/236
22 июня	9:12	1:26	2183	98	647/569
	5:52	7:18	2119	100	180/179

Продолжение таблицы А. 3

	3:27	10:45	2129	96	314
	9:35	20:20	2195	99	58/84
23 июня	6:57	3:17	2173	99	716/732
	6:54	10:11	2125	100	24/23
	10:02	20:13	2195	99	607
24 июня	5:02	1:15	2183	94	777
	2:16	3:31	2173	90	75
	1:54	5:25	2107	86	114+228
	3:09	8:34	2125	85	223/283
	5:25	13:59	9429	100	722/712
	2:54	16:53	9653	102	36
	2:24	19:17	9433	99	601
	1:53	21:10	2187	99	223/283
25 июня	9:30	6:40	9415	100	601
	6:20	13:00	2141	100	593
	1:57	14:57	2175	85	588
	2:34	17:31	2155	85	571/582
	3:48	21:19	2163	100	473
26 июня	6:41	4:00	2101	100	759/667
	8:38	12:38	2139	100	756/736
	5:38	18:16	2155	100	473
27 июня	9:55	4:11	2101	99	221/171
	3:39	7:50	2121	100	571/582
	6:56	14:46	2149	100	745/743
	4:24	19:10	2157	99	716/732
	2:09	21:19	2187	85	770/772
28 июня	23:36	20:55	2885	99	1331
29 июня	22:02	18:57	2161	100	716/732
	3:38	22:35	2167	98	272/281
30 июня	10:13	8:48	9643	99	793/794
	12:36	21:24	2163	100	793/794
1 июля	2:44	0:08	2181	86	409/408
	3:33	3:41	2101	100	772
	7:16	10:57	2133	85	409/408
	7:58	18:55	2161	86	772
2 июля	9:46	4:41	2103	92	756/736
	2:37	7:18	2115	98	97

Продолжение таблицы А. 3

	0:28	7:46	2119	85	325/319
	12:56	20:42	2195	92	295
3 июля	10:32	7:14	2119	100	347/348
	2:59	10:13	2131	99	42/41
	3:48	14:01	2145	100	158/80
	7:26	21:27	2167	100	595
4 июля	8:35	6:02	2403	99	756/736
	8:47	14:49	2191	100	318/319
	6:50	21:39	2163	100	759/667
	1:55	23:34	2181	85	756/736
5 июля	3:45	3:19	2173	88	407/408
	3:35	6:54	2115	85	318/319
	6:08	13:02	2141	100	610/604
	5:53	18:55	2159	89	318/319
6 июля	6:14	1:09	2183	92	756/736
	1:34	2:43	2173	99	395
	1:51	4:34	2103	100	833
	2:37	7:11	9441	100	241
	2:58	10:09	2127	90	33/34
	4:55	15:04	2143	100	818/736
	3:29	18:33	2159	85	877
	4:55	23:28	2181	100	303/323
7 июля	5:00	4:28	2103	85	33/34
	5:42	10:10	2127	100	571/582
	5:23	15:33	9429	100	632/633
	3:43	19:16	2195	100	877
8 июля	8:14	3:30	2171	100	40/41
	1:51	5:21	2103	85	68/73
	0:16	5:37	2101	96	1030
	2:33	8:10	2115	100	632/633
	3:52	12:02	2135	100	571/582
	5:48	17:50	2153	100	207
	3:47	21:37	2167	100	40/41
	2:02	23:39	2181	98	759667
9 июля	8:16	7:55	9641	100	444/447
	2:57	10:52	9423	98	772
	7:17	18:09	2193	97	174/173

Продолжение таблицы А. 3

10 июля	7:09	1:18	2167	85	581/569
	3:02	4:20	2103	98	572/606
	3:00	7:20	2115	85	174/173
	0:45	8:05	2117	100	130
	2:46	10:51	2125	96	223/283
	2:00	12:51	2175	85	797/796
	3:27	16:18	2149	100	572/606
	4:40	20:58	2187	100	130
11 июля	3:47	0:45	2165	85	985
	0:18	1:03	2183	94	166/143
	7:27	8:30	2111	99	571/582
	4:13	12:43	2191	91	572/606
	4:42	17:25	2153	86	377
12 июля	7:38	1:03	2183	85	571/582
	5:30	6:33	2113	98	218/217
	2:04	8:37	2127	99	572/606
	4:10	12:47	9649	100	166/43
	1:13	14:00	2191	85	601/600
	4:44	18:44	9655	100	40/41
	4:37	23:21	9793	100	218/217
13 июля	7:19	6:40	9635	98	219
	5:00	11:40	2133	100	207
	5:06	16:46	2155	100	201
14 июля	10:56	3:42	2173	85	544/543
	0:16	3:58	2103	100	40/41
	2:12	6:10	2111	85	591/590
	12:26	18:36	9435	99	661
15 июля	9:23	3:59	2103	100	355
	8:25	12:24	2133	100	601
	6:31	18:55	2189	100	210/211
16 июля	10:25	5:20	2181	99	142+730
	3:27	8:47	2119	100	642
	6:21	15:08	2149	100	571/582
	8:39	23:47	2181	100	435
17 июля	2:48	2:35	2171	85	874
	8:08	10:43	9757	98	166/167
	8:24	19:07	9437	100	700/684

Продолжение таблицы А. 3

	2:02	21:09	9659	97	571/582
18 июля	5:49	2:58	2173	100	508/545
	11:06	14:04	2191	958	742
	7:08	21:12	2163	100	1326
	2:13	23:25	2181	98	310/337
19 июля	9:03	8:28	9421	100	825/693
	6:19	14:47	2145	86	166/167
	1:51	16:38	2151	100	1326
	6:42	23:20	2181	100	61
20 июля	19:18	18:38	2157	100	309
	1:41	20:19	2187	85	878
21 июля	4:47	1:06	2181	100	879
	1:46	2:52	2169	85	508/545
	0:29	3:21	2101	100	349
	4:40	8:01	2121	100	39/84
	2:39	10:40	2127	100	166/167
	7:20	18:00	2155	99	781
22 июля	10:22	4:22	2101	85	349
	6:34	10:56	2129	100	508/545
	2:17	13:13	2139	85	217
	0:10	13:23	2135	100	1
	5:53	19:16	2159	100	1008
	2:04	21:20	2187	92	406/404
	0:55	22:15	9659	85	879
23 июля	4:58	3:13	2171	100	642
	14:06	17:19	2153	99	642
	4:17	21:36	2195	100	1
24 июля	5:38	3:14	2169	100	309
	9:53	13:07	2139	98	717
	6:18	19:25	9433	100	760
	4:02	23:27	2181	100	1373
25 июля	5:08	4:35	2105	85	74/95
	0:44	5:19	2101	99	783/743
	4:10	9:29	2127	100	789/790
	5:04	14:33	2147	100	760
	3:26	17:59	9655	100	1373
	0:31	18:30	2155	85	1003

Продолжение таблицы А. 3

26 июля	11:26	5:56	2105	98	789/790
	5:26	11:22	2121	85	772
	3:29	14:51	2147	100	1373
	8:13	23:04	2107	95	1147
27 июля	1:33	0:37	2165	100	700/684
	5:00	5:37	2111	85	772
	7:08	12:45	9425	91	916
	2:10	14:55	2145	100	1373
	2:37	17:32	2153	85	174/173
	1:26	18:58	2159	97	571/582
	3:36	22:34	2163	85	772
28 июля	15:55	14:29	2145	100	354/445
	4:49	19:18	9433	100	1851
	2:28	21:46	2183	99	174/173
29 июля	3:02	0:48	2165	100	722/712
	1:47	2:35	2169	85	406/404
	2:48	5:23	2111	99	289
	6:48	12:11	9423	100	816/815
	4:11	16:22	2151	100	1023
30 июля	8:33	0:55	2615	85	581/569
	8:33	3:48	2173	100	923
	3:22	7:10	9417	85	722/712
	2:25	9:35	2127	100	760/761
	4:34	14:09	2145	98	816/815
	4:56	19:05	2161	85	61
	4:02	23:07	2181	100	722/712
31 июля	2:45	1:52	2185	100	818/736
	5:52	7:44	2111	100	1329
	8:10	15:54	2149	85	985
	4:16	20:10	2187	98	386/387
	3:21	23:31	2181	100	158/80
1 августа	4:21	6:34	2111	88	742
	7:27	14:01	2137	85	581/569
	5:24	19:25	9433	100	118
	2:00	21:25	2187	98	180/179
2 августа	5:28	2:53	2185	100	1381
	2:41	5:48	2101	85	386

Продолжение таблицы А. 3

	6:59	12:47	2191	99	921
	4:36	17:23	2151	98	1098
	0:49	18:12	2175	85	97
	5:08	23:20	2187	100	1378
3 августа	1:34	5:19	2181	100	315
	4:25	3:45	2171	85	1119
	1:32	6:51	2115	100	500
	4:25	11:16	2127	85	1147
	1:20	12:36	9427	100	722/712
	7:01	19:37	2149	85	376
4 августа	11:04	6:41	9611	99	997
	4:40	11:21	2121	89	715
6 августа	13:47	1:08	2183	100	36
	5:09	6:17	2105	100	581
	11:15	17:32	2145	85	741/732
	0:17	17:49	2153	89	581/569
	0:37	18:26	2159	85	741/732
	5:14	23:40	2195	109	378/379
	0:13	23:53	2187	100	1359
7 августа	3:31	3:24	9661	85	97
	4:14	7:38	9639	100	109
	3:16	10:54	2125	85	593
	4:21	15:35	2151	100	1359
8 августа	13:44	5:19	2105	100	593
	13:17	18:36	2155	100	924
	1:37	20:13	2189	85	797/796
9 августа	7:32	3:45	2101	100	58/85
	4:47	8:32	2123	85	797/796
	5:33	14:05	2175	100	334/333
	6:52	20:57	2195	100	797/796
10 августа	3:20	0:17	2165	85	584/543
	6:25	6:42	2111	100	97
	3:18	10:00	2127	85	745/743
	2:45	12:45	2175	100	584/543
	5:19	18:04	2155	100	865
	3:03	21:07	2187	100	601/600
11 августа	5:53	3:00	2701	99	745/743

Продолжение таблицы А. 3

	4:43	7:53	2125	100	58/84
	7:22	15:25	9653	100	797/796
	3:24	18:49	9655	100	830
	1:19	20:08	9657	85	306/302
	3:31	23:39	2167	85	325
12 августа	4:02	3:41	9441	100	581/569
	0:09	12:13	2123	100	817
	8:23	12:04	2121	85	659
	1:57	14:01	2129	85	777
	4:01	18:02	9653	85	910
	2:39	20:41	2155	85	719
	2:14	22:55	9435	85	707
	0:34	23:29	2181	85	817
13 августа	8:32	8:01	2121	85	406/404
	3:54	11:55	2135	100	599/600
	5:50	17:45	2193	92	830
	3:45	21:30	2161	85	584/543
14 августа	3:58	1:28	2183	100	720
	1:56	3:24	2173	85	590
15 августа	22:05	1:29	2167	100	924
	8:50	10:19	2709	100	539
	2:50	13:09	2137	85	21/19
	0:46	13:55	2141	85	760/761
16 августа	18.42	8:37	9643	100	584/543
17 августа	16.38	1:35	2183	88	312/236
	12:53	14:28	2145	95	473
	6:50	21:18	2187	99	760/761
18 августа	6:06	3:24	2165	85	579/590
	10:10	13:34	2127	85	611
	10:00	23:34	2181	99	1370
19 августа	12:07	11:41	2133	100	334/333
	6:32	18:13	9435	100	450
	5:28	23:41	2181	100	282
20 августа	12:50	21:24	2163	95	450
	8:33	8:34	2117	100	450
21 августа	2:28	11:02	2131	85	325
	0:33	9:07	3159	100	450

Продолжение таблицы А. 3

	10,17	21:19	2187	100	364/352
22 августа	5:48	3:07	2173	99	450
	7:23	10:50	2129	100	681/692
	6:30	17:20	2155	100	450
	1:44	19:04	9437	85	616/615
	0:20	3:27	2171	89	130
23 августа	7:19	14:35	2145	92	33/34
	10:40	5:44	2111	92	616/615
	1:32	7:16	2119	85	668/685
24 августа	7:25	23:27	2167	96	177
	3:36	16:02	2151	99	825/693
	2:31	12:26	2141	85	33/34
	4:02	9:55	2127	93	573/532
	10:49	5:53	2107	100	616/615
25 августа	0:42	4:09	2101	85	828
	6:40	10:49	2709	85	924
	4:56	15:45	2149	100	567
	4:00	3:27	2173	100	875
26 августа	16:28	8:13	2119	85	143
	10:21	18:34	9435	85	74/95
	2:59	21:33	2163	85	661
	1:48	23:21	2181	96	221/171
27 августа	2:09	1:30	2185	85	715
	5,07	6:37	2113	94	812/809
	6:03	23:29	2181	100	295/298/300
28 августа	6:02	5:31	2015	85	781
	11:55	17:26	2031	99	612
	6:03	23:29	2181	100	295/298/300
29 августа	9:10	8:39	2125	100	293
	10:47	19:26	2189	99	210/211
	0:44	20:10	2187	85	770/772
30 августа	7:18	3:28	2173	85	812/809
	3:13	6:41	2113	100	395
	1:41	8:22	2125	85	210/211
	10:01	18:23	2157	85	395
31 августа	8:56	3:19	3063	100	1147
	1:18	4:37	2103	99	924

Продолжение таблицы А. 3

	5:39	10:16	2129	100	126
	3:44	14:00	9429	85	742
	1:39	15:39	2151	85	777/776
	6:05	21:44	2163	99	924
1 сентября	6:12	3:56	2103	85	777/776
	0:23	4:19	9611	85	875
	6:36	10:55	2131	100	924
2 сентября	15:08	2:03	2185	97	878
	1:39	3:42	2173	85	221/171
	10:28	14:10	2123	100	777/776
	4:11	18:21	2157	88	590
	5:17	23:38	2181	100	564
3 сентября	12:30	12:08	2121	100	590
	11:00	23:08	2181	100	681/692
4 сентября	5:01	4:09	2401	99	655/703
	3:58	8:07	2123	100	634/633
	0:22	8:29	2125	85	483
	6:37	15:06	2147	100	655/703
	5:59	21:05	2187	88	1130
5 сентября	0:31	17:20	2149	100	118
	10:55	8:00	2123	100	118
	8:49	16:49	2867	100	293+699
6 сентября	12:37	5:26	9611	100	1359
	18:55	14:21	9431	95	310/337
	3:42	18:03	2147	100	221/171
7 сентября	12:37	6:40	9637	100	207
	0:53	7:33	2119	85	1342
	1:22	8:55	9643	99	716/732
	12:29	21:24	2893	85	590
8 сентября	13:35	10:59	2419	99	347/348
9 сентября	13:34	0:33	2727	100	672+109
	5:26	5:59	2115	91	220
	4:54	10:53	2129	100	742
	2:39	13:32	2135	100	672
	0:51	14:23	2143	85	84
	3:25	17:48	2441	100	107/116
10 сентября	6:57	0:45	3179	85	742

Продолжение таблицы А. 3

	5:00	5:45	2905	85	672
	3:14	8:59	9643	99	657
	5:29	14:28	2147	100	742
	4:00	18:28	9437	100	217
11 сентября	8:36	3:04	2173	100	611
	1:00	4:04	2103	101	759/667
	3:19	7:23	2119	100	199/200
	1:12	8:35	2127	86	217
	5:28	14:03	2431	100	1376
	4:18	18:21	9437	100	611
12 сентября	5:52	0:13	2169	97	567
	3:37	3:50	9631	100	217
	2:48	6:38	9635	99	818/736
	8:07	14:45	2147	100	612
	0:56	15:41	2153	85	698/703
	5:35	21:16	2889	99	818/736
13 сентября	0:19	4:00	9439	85	166/43
	6:25	3:41	9415	89	655/703
	5:38	9:38	2127	100	742
	1:35	11:13	2135	99	721/758
	3:33	14:46	2147	85	166/43
	5:34	20:20	2447	100	194
14 сентября	5:03	1:23	3179	85	721/758
	1:51	3:14	2101	90	655/703
	4:01	7:15	2113	100	721/758
	6:46	14:01	2851	100	721/758
	3:36	17:37	2155	100	414
15 сентября	14:34	8:11	2121	85	564
	7:31	15:42	2151	85	681/692
	3:31	19:13	2881	100	647/569
	5:24	0:37	2727	100	32/29
16 сентября	5:39	6:16	2115	100	388
	5:35	11:51	2137	85	655/703
	6:59	18:50	2877	99	97
	2:07	20:57	2913	93	218/217
17 сентября	3:43	0:40	2727	85	404
	2:20	3:00	2173	100	678

Продолжение таблицы А. 3

	12:07	15:07	2439	100	876
18 сентября	9:39	0:46	2725	90	232/211
	3:10	3:56	9441	99	292/337
	6:55	10:51	2129	100	378
19 сентября	13:42	0:33	2915	85	232/211
	2:37	3:10	2173	99	142
	4:59	8:09	2123	87	34
	6:44	14:53	9431	98	292/337
	3:05	17:58	2155	85	433
20 сентября	0:53	18:32	2163	100	858
	10:15	4:13	2103	100	221/171
	10:12	14:25	2145	100	706
	1:27	15:52	9431	100	538
	1:47	17:39	1121	97	1339+1202
21 сентября	6:56	1:28	2169	98	772
	1:21	2:49	2173	85	57
	1:54	4:43	2103	100	68/73
	4:40	9:23	9643	100	1202
	9:17	18:40	2163	100	538
	1:36	20:16	9437	92	57
22 сентября	5:14	1:30	2169	85	232/211
	5:55	7:25	2111	100	68/73
	6:40	14:05	2145	100	294/295
	3:15	17:20	2133	85	581/569
23 сентября	6:40	1:00	2183	94	408/410
	2:25	3:25	9441	85	36
	2:25	5:50	2185	100	311
	0:12	6:02	2107	86	334/333
	9:01	15:03	2431	100	879
	0:09	15:12	2149	85	377
	3:36	18:48	2155	100	571/582
24 сентября	7:23	2:11	2171	100	879
	11:13	13:24	2141	85	415/416
	1:21	14:45	2147	97	221/171
	3:02	17:47	2155	100	1382
	5:03	22:50	2179	100	294/295
25 сентября	11:36	10:26	2709	98	294/295

Продолжение таблицы А. 3

	5:26	15:46	2153	100	715
	2:52	18:38	2161	85	221/171
	1:38	20:16	2883	85	652
26 сентября	7:34	3:50	2185	85	388
	5:33	9:23	2129	97	1024
	9:55	19:18	2165	100	722/712
27 сентября	4:59	0:17	2455	85	671/685
	1:10	1:27	2167	92	813/809
	2:40	4:07	2103	100	21/19
	5:06	9:13	2127	85	916
	6:46	15:59	2153	99	21/19
	1:30	17:29	2155	98	971
	2:12	19:41	2133	91	1370
28 сентября	6:39	2:10	9439	100	772
	1:42	3:52	2101	85	818/736
	5:05	8:57	9421	86	399
	2:26	11:23	9423	93	813/809
	6:43	16:06	2133	91	816/736
29 сентября	10:04	2:10	2171	100	813/809
	6:59	9:09	2127	100	813/809
	5:11	14:20	2145	100	21/19
	1:33	15:53	2133	85	305/304
30 сентября	11:18	3:11	9441	100	21/19
	2:44	5:55	2109	97	347/348
	4:20	10:25	2129	100	166/43
	8:33	18:58	2161	100	388/399
1 октября	5:47	0:45	2183	99	166/43
	2:38	3:23	2173	98	295/300
	3:26	6:49	2119	85	388/399
	8:14	15:03	2151	100	347/348
	3:32	18:35	2163	85	388/399
2 октября	4:42	7:59	2123	91	42/41
	7:57	15:56	2153	85	572/606
	0:59	16:55	2133	98	295/298/300
	3:28	20:23	2177	99	42/41
	8:27	3:02	2919	95	813/809
	0:15	3:17	9707	85	348/348

Продолжение таблицы А. 3

3 октября	9:17	5:40	2109	85	34
	2:38	8:18	9421	85	42/74
	13:36	21:54	2181	85	292/337
4 октября	7:46	5:40	2107	97	417/418
	16:00	21:40	2181	100	270
5 октября	2:55	0:35	2183	85	818/736
	2:55	3:30	2101	100	292/237
	3:05	6:35	2113	101	388/399
	4:13	10:48	2131	92	84
	1:50	12:38	9429	98	37/30
	4:20	16:58	2133	99	292/337
6 октября	12:56	5:54	2111	99	781
	16:26	20:20	2165	100	221/171
	0:36	20:56	2177	85	723/712
7 октября	4:25	1:21	2167	100	292/337
	8:28	9:49	2129	100	221/171
	8:59	18:48	2161	100	39/84
8 октября	6:04	0:52	2183	100	406/469
	3:43	4:35	2107	85	292/337
	3:19	7:54	2123	100	39/84
	2:16	10:10	2127	100	210/211
	3:50	14:00	2431	85	924
	4:40	18:40	2161	100	717
9 октября	9:56	4:36	2103	100	378
	6:24	11:00	2131	98	730
	3:35	14:35	2143	85	221/171
	4:40	19:15	2165	100	409/408
10 октября	6:16	1:31	2167	100	321/287
	0:10	1:41	2169	85	581/569
	2:13	3:54	2185	85	221/171
	10:08	14:02	9431	85	321/287
	6:29	20:31	9789	99	225
11 октября	4:53	1:24	2167	99	700/684
	5:21	6:45	2117	100	924
	8:59	15:44	2153	87	879
	2:03	17:47	2155	100	828
	3:33	21:20	2181	100	1349

Продолжение таблицы А. 3

12 октября	5:51	3:11	9441	99	347/348
	1:14	4:25	2103	85	879
	1:19	5:44	2109	94	985
	5:33	11:17	9423	100	241
	4:32	15:49	2151	100	879
	5:59	21:48	2181	101	417/418
13 октября	3:22	1:10	2167	100	756/736
	7:37	8:47	2121	100	700
	1:47	10:34	2129	85	417/418
	3:40	14:14	2141	100	590
	3:52	18:06	2153	100	661
	3:22	21:28	2177	98	700
14 октября	3:37	0:05	2183	87	417/418
	0:58	1:03	2126	100	180/179
	0:51	1:54	2169	100	180/179
	1:25	3:19	2171	92	107/116
	4:16	7:35	2119	100	700
	1:25	9:00	2125	85	221/171
	5:05	14:05	2855	100	783/743
	5:05	19:10	2163	100	216
15 октября	1:35	3:29	2185	88	616/615
	7:21	10:50	2131	100	221/171
	9:35	20:25	2165	100	399
	3:22	23:47	2915	97	221/171
	6:14	1:54	2169	100	180/179
16 октября	0:25	2:45	9659	99	651
	2:33	2:20	2171	85	216
	1:59	4:44	9415	98	743/783
	2:06	6:50	2111	99	593
	1:12	8:02	2121	85	399
	2:58	11:00	2417	100	1333
	3:04	14:04	2413	100	783/743
	3:42	17:46	9655	85	616/615
	4:04	21:50	2181	91	1801
17 октября	2:51	0:41	2167	99	783/743
	3:32	4:13	2103	85	1333
	3:22	7:35	2119	95	201

Продолжение таблицы А. 3

	0:44	8:19	2121	85	1585
	5:59	14:18	2147	85	281
	8:39	22:57	9491	100	611
18 октября	2:28	1:25	9439	100	281
	5:31	6:56	2115	100	1023
	7:06	14:02	9641	100	704
	0:38	14:40	2145	85	572/606
	3:45	18:25	2153	100	1323
	1:56	20:21	2165	85	666
19 октября	4:10	0:31	2183	99	704
	3:52	4:23	2103	100	295/298/300
	3:39	10:21	2131	100	553
	4:44	15:05	2147	100	668/685
	2:19	6:42	2133	85	295/298/300
	2:49	17:54	2163	100	704
	5:11	23:05	2167	85	553
20 октября	3:04	2:09	9661	100	417/418
	3:11	5:20	9417	89	220
	2:03	7:23	9415	97	325/319
	3:18	10:41	2845	90	571/606
	4:33	15:14	2149	85	704
	1:48	17:02	9437	100	228
21 октября	7:33	0:35	2183	100	742
	3:05	3:40	2173	100	661
	12:02	15:42	2153	85	704
22 октября	9:45	1:27	2167	99	668/685
	1:41	3:18	9441	99	661
	4:10	7:28	9639	100	702/684
	10:27	17:55	2441	100	607
	3:31	21:26	2179	100	355
23 октября	4:23	1:49	2171	85	220
	8:29	8:18	2123	94	223/283
	9:33	17:51	9655	100	305/304
	3:46	21:37	2179	85	321/287
24 октября	2:48	0:25	2183	100	306/302
	7:33	7:58	2119	85	42/41
	3:06	11:04	2135	99	142

Продолжение таблицы А. 3

	0:35	11:39	2131	85	321/287
	7:19	18:58	2163	85	1329
	4:32	21:30	2179	100	1624
25 октября	3:38	1:08	2183	97	1029
	0:14	1:22	2167	85	905
	2:01	3:23	9441	100	309
	4:04	7:27	9417	100	42/41
	4:21	11:48	9647	100	321/287
26 октября	14:15	2:03	2171	100	321/287
	6:07	8:10	2121	100	818/736
	2:47	10:57	2131	85	655/703
	6:35	17:32	2155	99	42/41
	2:42	20:14	2177	85	1029
27 октября	7:20	3:34	9441	92	303/323
	4:55	8:29	9421	100	595
	2:03	10:32	2129	99	1
	5:04	15:36	2153	99	797/796
	2:46	18:22	2155	100	772
	3:20	21:42	2893	85	42/41
28 октября	10:03	7:45	2121	96	1/772
	5:32	13:17	9429	99	698/703
	5:33	18:50	9437	100	306/302
	1:36	20:26	2136	85	406/469
	1:12	21:38	2181	100	720
29 октября	5:26	3:04	2171	100	590
	2:39	5:43	2109	100	698/703
	2:55	8:38	9421	98	57
	4:33	13:11	2145	99	1370
	0:49	14:00	9651	85	797/796
	2:54	16:54	2133	100	561
30 октября	8:28	0:22	2727	98	306/302
	3:43	4:05	2103	94	404
	2:40	6:45	2115	85	777
	1:43	8:28	2125	100	232/211
	5:30	13:58	2143	99	433
	7:30	21:28	2183	99	194
31 октября	7:19	4:47	2103	94	1324

Продолжение таблицы А. 3

	4:24	9:11	2127	85	1332
	4:53	14:04	9431	91	590
	6:14	20:18	9385	85	921
1 ноября	11:18	7:36	2115	100	69
	0:09	7:45	2121	85	612
	3:10	10:55	2137	85	921
	4:41	15:36	9431	98	294/295
	1:44	17:20	2133	99	220
	0:27	17:47	2155	85	42/41
2 ноября	8:36	2:23	2171	95	817
	3:21	5:44	2109	85	898
	9:51	13:35	2145	85	818/736
	1:19	14:54	2147	100	1739
	5:21	20:25	2177	85	294/295
3 ноября	4:02	0:27	2183	100	710
	6:56	7:23	2117	90	223/283
	4:34	11:57	2135	85	321/287
	1:16	13:13	2137	94	334/333
	4:47	18:00	2161	100	377
4 ноября	8:08	2:08	2167	100	306/302
	9:03	11:11	2125	100	172
	6:52	18:03	9655	98	334/333
	3:15	21:18	2177	100	377
5 ноября	3:59	1:17	9659	85	172
	13:35	14:52	2147	100	107/116
	0:24	15:16	9653	85	172+865
6 ноября	9:02	0:18	9407	100	722/712
	5:06	5:24	9415	100	770/772
	4:45	10:09	9643	100	607
	1:41	11:51	2129	99	863
	3:12	15:03	2149	97	1003
	2:48	17:51	2155	100	723/712
	3:46	21:37	2181	100	607
7 ноября	9:12	6:49	9637	100	1003
	7:08	13:57	2143	98	315
	0:36	14:33	2145	85	607
	2:52	17:25	9621	100	321/287

Продолжение таблицы А. 3

	2:54	20:19	2177	94	399
	3:13	23:32	2183	85	1003
8 ноября	12:11	11:43	9647	85	399
	3:05	14:48	2147	100	132
	2:31	17:19	2155	100	997
9 ноября	7:24	0:43	2183	98	36
	4:40	5:23	2109	94	590
	3:02	8:25	9637	85	565
	1:43	10:08	9647	89	58/84
	4:40	14:48	9653	99	500
	2:32	17:46	2161	95	241
	2:32	20:18	2911	100	565+1341
10 ноября	10:32	6:50	9417	85	565
	7:43	14:33	2147	99	53
	3:30	18:03	2161	92	68/73
	3:03	21:06	2447	100	565
11 ноября	4:18	1:24	2167	100	599/600
	5:55	7:19	2117	100	68/73
	1:12	8:31	2123	85	647/569
	4:41	13:12	2143	86	235/237
	4:34	17:46	2155	92	58/84
	3:23	21:09	2887	96	651
12 ноября	6:49	3:58	2103	87	235/237
	7:27	11:25	9425	100	36
	3:25	14:50	2143	100	632/633
	2:40	17:30	2149	98	651
	5:53	23:23	2179	94	406/469
13 ноября	2:48	2:11	2171	85	36
	3:59	6:10	2111	85	68/73
	8:28	14:38	2147	97	210/211
	3:32	18:10	2441	85	681/692
	2:14	20:24	2177	97	721/758
14 ноября	5:31	1:55	2171	95	58/84
	5:47	7:42	2119	99	593
	4:37	12:19	9425	100	607
	3:11	15:30	2133	97	220
	3:55	19:25	2177	85	210/211

Продолжение таблицы А. 3

15 ноября	5:33	0:58	2167	100	681/692
	2:20	3:18	2173	99	607
	2:09	5:27	2109	85	210/211
	3:44	9:11	2127	100	818/736
	5:08	14:19	9431	98	830
	3:18	17:37	2155	100	607
	2:43	20:20	2177	100	818/736
16 ноября	5:20	1:40	9659	85	40/41
	2:16	3:56	9631	100	830
	4:57	8:53	9643	99	607
	3:15	12:08	2131	99	347/348
	2:05	14:13	2145	100	210/211
	1:24	15:37	2153	100	484
	1:52	17:29	2155	92	726
	2:53	20:22	2883	85	607
17 ноября	4:50	1:12	2167	95	72
	2:13	3:25	2185	100	726
	0:59	4:24	2103	85	1328
	2:12	6:36	2125	100	484
	2:04	8:40	2123	96	166/43
	0:56	11:23	2135	85	293
	1:47	10:27	2127	88	565
	6:30	17:53	9655	100	310/311
	1:01	18:54	9437	85	1328
	4:04	22:58	9487	100	1005
18 ноября	1:03	0:01	9661	86	325/319
	1:59	2:00	2167	100	293
	6:15	8:15	2121	85	1328
	2:20	10:35	2123	92	668/685
	3:25	14:00	2137	97	34
	9:10	23:10	2179	100	1388/1614
19 ноября	5:23	4:33	2107	100	1328+325/319
	10:10	14:43	9609	100	616/615
20 ноября	9:24	0:07	9407	97	288/395
	14:19	14:26	2145	100	863
	5:03	19:29	2163	85	1337
21 ноября	12:40	8:09	2123	85	783/743

Продолжение таблицы А. 3

	9:45	17:54	2133	100	561
	5:07	23:01	2177	98	879
22 ноября	8:47	7:48	2117	85	723/712
	7:12	15:00	9431	86	415/416
	0:31	15:31	2147	99	58/84
	0:14	15:45	2153	85	611
	7:24	21:09	9487	100	1801
23 ноября	3:41	0:50	2183	91	793/794
	4:58	5:48	2111	99	201
	0:23	6:11	2405	85	450
	1:18	7:29	2113	100	700/684
	9:30	16:59	9431	100	885
	2:03	19:02	2155	92	611
	3:41	22:43	9437	89	569
24 ноября	2:02	0:45	2177	85	414
	3:10	3:55	9631	99	378
	7:04	10:59	9423	99	107/116
	2:57	13:56	9647	99	978
	3:41	17:37	2151	97	863
	8:11	22:48	2179	93	378
25 ноября	5:24	4:12	2171	86	668/685
	1:32	5:44	9441	100	166
	5:11	10:55	2127	100	783/743
	3:14	14:09	9651	85	107/116
	3:36	17:45	2151	85	905
	1:52	19:37	2155	94	728
	1:35	21:12	2447	85	415/416
	2:47	23:59	2179	85	1624
26 ноября	3:21	3:20	9659	100	395
	0:17	19:26	2151	85	717
	2:23	5:43	2103	99	244
	6:04	11:47	2137	85	668/685
	2:19	14:06	9425	100	735/736
	3:21	17:27	2145	100	655/703
	1:42	19:09	2153	100	797/796
	1:51	21:17	2873	85	715
	1:53	23:10	2163	100	997

Продолжение таблицы А. 3

27 ноября	2:01	1:11	2169	100	414
	2:57	4:08	2355	85	793/794
	3:21	7:29	2185	92	177
	4:27	11:56	2129	85	364/352
	1:44	13:40	2135	91	655/703
	2:22	16:02	2127	86	572/606
	2:19	18:21	2133	85	666
	2:51	21:12	2893	97	807/808
28 ноября	3:58	1:10	9659	93	599/600
	2:56	4:06	9631	99	997
	6:05	10:11	9421	93	1330
	1:50	12:01	9423	100	783/743
	6:54	18:55	9621	85	414
29 ноября	6:03	0:58	2183	99	865
	5:49	6:47	2107	96	634/633
	3:44	10:31	2131	85	241
	4:14	14:45	2145	100	942
	3:48	18:33	2151	100	607
	4:15	22:48	2155	85	1721
30 ноября	3:11	1:59	9659	92	126
	1:15	3:14	2167	91	651
	8:06	11:20	2115	100	226
	10:22	21:42	2181	100	916
	1:44	23:26	2183	100	651
1 декабря	4:04	3:30	3036	100	229/171
	5:15	8:45	2127	100	232/211
	4:50	13:35	2137	85	388
	1:43	15:18	2145	85	651
	5:11	20:29	2161	100	217
	3:21	23:50	2163	92	1342
2 декабря	1:51	1:41	9613	92	832
	0:34	2:15	9439	85	601
	6:36	8:51	9315	99	57
	2:20	11:11	2121	90	1330
3 декабря	12:53	0:04	9659	88	1333
4 декабря	39:45	15:49	2153	85	308/307
5 декабря	9:06	0:55	2183	95	1336

Продолжение таблицы А. 3

6 декабря	24:00	0:55	2183	87	1372
	0:30	1:25	2167	99	985
	2:15	3:40	2185	95	216
	5:20	9:00	2127	100	158/80
	4:32	13:32	2145	100	722/712
	10:25	23:57	9439	99	621
7 декабря	8:08	8:05	9419	100	657
	0:59	9:04	2125	85	545
	3:01	12:05	2141	99	621
	5:25	17:30	2155	100	609
	1:17	18:47	2161	85	668/685
8 декабря	12:04	6:51	2113	86	58/84
	4:11	11:02	2135	100	406/469
	3:05	14:07	2143	92	308/307
	2:58	17:05	2153	100	1374
	4:36	21:41	2165	98	388
9 декабря	2:19	0:00	2167	100	830
	3:37	3:37	2183	99	707
	1:48	5:25	2103	100	770/772
	2:45	8:10	9741	100	1370
	3:10	11:20	3417	85	599/600
	8:22	19:42	2165	88	700
	2:02	21:44	2179	99	818/736
10 декабря	6:02	3:46	2101	100	417/418
	7:14	11:00	9609	100	818/736
	7:30	18:30	2157	96	354/445
11 декабря	6:40	1:10	2167	100	997
	2:23	3:33	2101	98	571/582
	1:04	4:37	2919	86	591/590
	6:23	11:00	2135	100	24/23
	8:27	19:27	2163	97	414
	1:53	21:20	2179	85	139/203/200
12 декабря	5:55	3:15	2801	100	383
	4:50	8:05	2123	100	591/590
	6:12	14:17	2431	85	383
	0:39	14:56	2149	97	395
13 декабря	10:49	1:45	9723	100	655/703

Продолжение таблицы А. 3

	5:11	6:56	2825	100	678
	7:45	14:41	2147	85	655/703
	6:40	21:21	2181	100	721/758
14 декабря	3:22	0:43	2457	96	898+314
	1:57	2:40	3063	91	354/445
	11:39	14:19	2145	90	174/173
15 декабря	11:14	1:33	2117	89	1378
	0:15	1:48	2167	96	174/173
	4:17	6:05	2101	100	652
	11:57	18:02	2157	98	228
	0:11	18:13	2133	85	174/173
	5:35	23:48	2179	100	118
16 декабря	9:24	9:12	2173	89	388
	3:22	12:34	2115	94	1381
	1:37	14:11	2135	100	818/736
	3:08	17:19	2155	95	174/173
	5:32	22:51	2165	98	83/80
17 декабря	5:23	4:14	2101	100	399
	10:31	14:45	2147	90	557/388
	4:55	19:40	9567	100	614/615
18 декабря	5:12	0:52	2183	89	707
	7:37	8:29	2833	85	308/307
	0:08	8:37	2121	99	76
	4:39	13:16	2143	92	977/776
	3:34	16:50	2153	100	1005
	0:30	17:20	2133	85	415/416
	1:32	18:52	2159	94	642
	0:46	19:38	2163	85	797/796
19 декабря	7:42	3:20	3173	98	707
	11:24	14:44	2857	97	922
	8:02	22:46	2181	99	308/307
20 декабря	5:34	4:20	2103	100	761/762
	12:25	16:45	2957	100	1300
21 декабря	9:05	1:50	9661	98	642
	1:08	2:58	2173	85	905
	10:58	13:56	2145	85	642
	5:15	19:11	2881	97	325/319

Продолжение таблицы А. 3

22 декабря	5:16	0:27	2183	85	36
	3:03	3:30	9441	94	997
	5:43	9:13	9421	98	717
	7:39	16:52	2439	100	678
	4:15	21:07	2887	100	1300
	1:55	23:02	2455	98	722/712
23 декабря	3:08	2:10	2171	98	36
	4:08	6:18	2109	100	325/469
	2:09	8:27	2123	100	699/667
	9:06	17:33	2151	96	36
	3:07	20:40	2177	100	755/733
24 декабря	5:13	1:53	9659	100	699/667
	6:22	8:15	2123	100	571/569
	2:10	10:25	2127	92	655/703
25 декабря	14:30	0:55	2167	100	229/171
	2:24	3:19	2185	95	610/604
	5:17	8:36	2125	100	321/287
	6:32	15:08	9431	100	898
	4:06	19:14	2165	100	581/569
26 декабря	4:59	0:13	2167	100	610/604
	3:17	3:30	2185	86	68/73
	5:43	9:13	9643	98	885
	6:01	15:14	2149	99	210/211
	2:11	17:25	2159	85	581/569
27 декабря	7:13	0:38	2183	100	922
	8:56	9:34	9423	100	830
	7:27	17:01	2957	100	210/211
28 декабря	10:48	3:49	2185	92	1325
	5:59	8:48	9643	100	386/387
	2:12	11:00	9423	99	210/221
	4:10	15:10	2151	93	350
	2:01	17:11	2133	87	303/323
	1:18	18:29	2161	99	68/73
29 декабря	9:54	4:23	2173	86	435
	2:17	6:40	2109	99	377
	5:08	11:48	2135	100	232/211
	5:31	17:19	2193	85	210/211

Продолжение таблицы А. 3

30 декабря	7:59	1:47	2171	100	404
	5:03	6:50	2115	97	314
	3:30	10:20	2127	90	210/211
	2:22	12:42	2141	100	40/41
	5:56	18:38	2161	86	879
31 декабря	8:15	2:53	9661	95	508/491
	11:27	14:20	2145	86	607
	7:15	21:35	2181	100	201
	1:56	23:31	2167	91	793/794

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акт внедрения результатов работы

АКТ

о внедрении результатов диссертационного исследования
Серёгина Игоря Витальевича
на тему «Организация взаимодействия железнодорожных узлов
и направлений при движении длинносоставных поездов
и инфраструктурных ограничениях»

В учебном процессе ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ) при реализации основных образовательных программ высшего образования по специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог» используются следующие результаты диссертационного исследования И. В. Серёгина:

1. В составе методического комплекса «Дипломное проектирование» при подготовке и разработке выпускной квалификационной работы применяется разработанный порядок распределения работы по регулированию движения между станциями взаимодействующих узлов при движении длинносоставных поездов и инфраструктурных ограничениях.
2. В составе учебно-методического комплекса дисциплины «Проектная деятельность» при проведении практических занятий, посвящённых разработке индивидуальных проектов, применяются разработанные методические подходы к обоснованию выбора рациональных параметров организации взаимодействия железнодорожных узлов и направлений, а также к формированию и пропуску длинносоставных поездов в условиях неоднородной вместимости и специализации приёмо-отправочных путей станций и неоднородных транспортных потоков.



Handwritten signature of N. A. Andriyanova

Н. А. Андриянова

15 апреля 2025 г.

Рисунок Б.1 – Акт о внедрении результатов диссертационной работы
в учебный план РУТ (МИИТ)



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«РОССИЙСКИЕ ЖЕЛЕЗНЫЕ ДОРОГИ»
(ОАО «РЖД»)

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ДИРЕКЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ

17 апреля 2025 г.

г. Москва

№ _____

АКТ

о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы
Серёгина Игоря Витальевича

Настоящий акт составлен о том, что результаты диссертационной работы «Организация взаимодействия железнодорожных узлов и направлений при движении длинносоставных поездов и инфраструктурных ограничениях» выполненной соискателем кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет транспорта» РУТ (МИИТ) Серёгиным Игорем Витальевичем, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, внедрены в деятельность Центральной дирекции управления движением — филиала ОАО «РЖД» за счёт использования их в «Методике определения порядка формирования корректирующих воздействий на вагоны/поезда/отправки на станции и в пути следования, имеющие потенциальные риски нарушения сроков доставки». Методика утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 23 августа 2023 г. №2140/р.

Перечень использованных результатов диссертации:

- алгоритм формирования решения об изменении установленного пути следования грузовых отправок с учетом оценки рисков нарушения сроков доставки;
- алгоритм оценки возможности формирования и пропуска длинносоставных и тяжеловесных поездов с учётом ограничений, наличия ниток, позволяющих осуществлять пропуск поездов данных категорий и наличия необходимых тяговых ресурсов.

Перечень разделов документа (работы), где использованы результаты диссертации:

- описание алгоритма изменения порядка следования поездов (раздел 4.6).

Рисунок Б.2 – Акт о внедрении результатов диссертационной работы
в ОАО «РЖД» (лист 1 из 2)

Представленные результаты диссертации имеют прикладной характер и предназначены для использования в практической деятельности работниками Центральной дирекции управления движением, непосредственно отвечающих за оперативное управление эксплуатационной работой.

Члены комиссии:

Заместитель начальника Управления
логистики перевозок и местной работы

В.С. Михайлов

Заместитель начальника службы
Перспективной организации движения
и моделирования перевозочного процесса, к.т.н.

А.С. Крылов

Подписи руководителей удостоверяю
Начальник отдела
кадрового администрирования
и кадров

Сергеева Т.В.

Рисунок Б.2 – Акт о внедрении результатов диссертационной работы
в ОАО «РЖД» (лист 2 из 2)