

На правах рукописи



ЧЕЧУЛИНА Юлия Андреевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ КОМПЛЕКСА
ФОРМИРОВАНИЯ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ
ПОЕЗДОВ ПО ТВЕРДЫМ НИТКАМ ГРАФИКА**

05.22.08 – Управление процессами перевозок
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Новосибирск – 2014

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

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент
Бессоненко Сергей Анатольевич

Официальные оппоненты:

Шапкин Игорь Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет путей сообщения», профессор кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» (ФГБОУ ВПО МИИТ)

Пермикин Вадим Юрьевич, кандидат технических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой» (ФГБОУ ВПО УрГУПС)

Ведущая организация: открытое акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (ОАО «НИИАС»)

Защита диссертации состоится «27» февраля 2015 г. в 14 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 218.013.01 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: 620034, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66, ауд. Б2-15 – зал диссертационных советов.

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

Автореферат разослан «24» декабря 2014 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета



Тимухина Елена Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Для наиболее оптимальной организации вагонопотоков по сети железных дорог следует решить задачу эффективного использования инфраструктуры и минимизации эксплуатационных расходов в целом по сети. В настоящее время на железнодорожном транспорте возникает необходимость совершенствования способов управления пропуском грузовых поездов с целью привлечения дополнительных объемов перевозок, что должно обеспечивать сокращение суммарных затрат на перевозки.

Для сокращения сроков доставки грузов за счет рационального использования инфраструктуры железнодорожного транспорта и подвижного состава, а также для совершенствования технологии перевозок активно проводятся мероприятия по внедрению системы движения грузовых поездов по твердым ниткам графика.

Время нахождения вагонов, особенно с переработкой, на технических станциях занимает существенную долю в общих сроках доставки грузов, поэтому одним из лимитирующих элементов доставки в установленные сроки является количество переработок на всем пути следования, а также средний простой на одной технической станции. До настоящего времени исследования возможности организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика с учетом наличия резервов пропускной способности и путевого развития технических станций, а также с опорой на использование корпоративного локомотивного парка, не были проведены в полной мере, что и послужило основанием для выбора темы диссертационной работы.

Степень разработанности темы исследования. Вопросам согласования графика движения поездов с технологией работы технических станций посвящены исследования ученых: докторов технических наук В.М. Акулиничева, Е.В. Архангельского, К.А. Бернгарда, В.И. Бодюла, А.Ф. Бородина, В.А. Буянова, А.В. Быкадорова, И.И. Васильева, Н.А. Воробьева, П.С. Грунтова, А.В. Дмитренко, В.А. Ивницкого, Н.Д. Иловайского, А.Д. Каретникова, В.Е. Козлова, П.А. Козлова, В.А. Кудрявцева, Г.А. Кузнецова, В.И. Некрашевича, А.Т. Осьминина, Е.А. Сотникова, И.Б. Сотникова, И.Г. Тихомирова, Е.М. Тишкина, А.К. Угрюмова, Н.И. Федотова, Н.Н. Шабалина, В.А. Шарова, И.Н. Шапкина; кандидатов технических наук В.М. Вишневецкого, В.С. Волкова, Н.В. Кондрахиной, А.В. Кручинина, А.В. Никитина, М.Х. Расулова, Ш.М. Суюнбаева, Д.В. Цуцкова, А.Д. Чернугова, С.С. Шавзиса и др. Вместе с тем, планирование организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика в настоящее время не в полной мере учитывает технические возможности сортировочных станций. Настоящая работа посвящена решению отдельных задач в рамках этой проблемы.

Целью диссертационной работы является обоснование целесообразности организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика с соблюдением норм веса или длины за счет использования технических возможностей сортировочных станций.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие задачи:

1. Определить закономерность изменения затрат времени на технологические операции по переработке транзитных вагонов на технических станциях в зависимости от способа организации движения грузовых поездов.

2. Оценить затраты времени, связанные с формированием и отправлением полновесных или полносоставных грузовых поездов по твердым ниткам графика в соответствии с установленной технологией пропуска вагонопотоков.

3. Разработать принципы, алгоритм и методику расчета технических возможностей инфраструктуры сортировочных станций при организации движения поездов по твердым ниткам графика.

4. Обосновать порядок планирования составообразования на технических станциях при отправлении обоснованной доли «ядра» грузовых поездов по твердым ниткам графика.

Объект исследования. Сортировочные станции.

Предмет исследования. Технология работы станций по формированию и отправлению полновесных или полносоставных грузовых поездов.

Методология и методы исследования. В работе использованы методы математической статистики, системного анализа, методы исследований операций, методы технико-экономического обоснования результатов исследования. Теоретической основой диссертационного исследования стали научные труды ведущих ученых ВНИИЖТа, ОАО «НИИАС», МИИТа, ПГУПС, СГУПС и др., а также зарубежных ученых, работающих в области управления процессами перевозок, организации вагонопотоков, изучения закономерностей работы станций.

Наиболее существенные научные результаты. Разработана математическая модель расчета рациональной доли «ядра» грузовых поездов, отправляемых с технической станции по твердым ниткам графика, учитывающая технические возможности станций, установленный план формирования грузовых поездов и эффективное использование корпоративного парка локомотивов при обращении на удлиненных тяговых плечах. Предложена методика оценки резервов пропускной способности сортировочной станции для различных мощностей назначений плана формирования при отправлении полновесных и полносоставных поездов по твердым ниткам графика.

Научная новизна диссертационной работы.

1. Предложен порядок расчета технологических параметров сортировочных станций с увязкой времени формирования составов с твердыми нитками графика.
2. Предложен алгоритм расчета доли «ядра» грузовых поездов по назначениям плана формирования при организации движения грузовых поездов по твердому графику.
3. Разработана методика определения размеров необходимого резерва пропускной способности элементов станции при отправлении «ядра» грузовых поездов по твердым ниткам графика.
4. Обоснован порядок планирования процесса составообразования на технических станциях при отправлении полновесных или полносоставных грузовых поездов по твердым ниткам графика.

Теоретическая и практическая значимость научного исследования. Полученные в диссертации теоретические и практические результаты могут быть использованы для определения рациональных параметров технологии эксплуатационной работы технической станции при организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика, повышения эффективности работы корпоративного локомотивного парка и дальнейшей оптимизации методов управления процессами перевозок.

Предложенная математическая формула устанавливает зависимость доли «ядра» грузовых поездов от технических параметров сортировочных станций при организации движения по твердым ниткам графика, что позволяет на стадии планирования выявить технические возможности сортировочных станций и оптимизировать разработку графика движения и плана формирования грузовых поездов. Рационализация технологии составообразования на технических станциях позволит эффективно использовать инфраструктуру линейных объектов железнодорожной сети.

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

Положения, выносимые на защиту:

- 1) Методика анализа затрат времени на технологические операции по обработке транзитных вагонов при формировании и отправлении полновесных или полносоставных грузовых поездов для организации движения по твердому графику.
- 2) Математическая модель для определения доли «ядра» грузовых поездов, отправляемого по твердым ниткам в соответствии с назначениями плана формирования.

3) Методика определения технических возможностей сортировочной станции для организации движения по твердым ниткам графика поездов установленного веса или длины.

4) Система планирования состава образования с учетом отправления грузовых поездов по расписанию.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность результатов исследования обеспечивается корректным применением математического аппарата, анализом реальных графиков исполненной работы сортировочных станций, комплексным использованием известных теоретических и эмпирических положений транспортной науки. Сформулированные в диссертации научные положения обоснованы теоретическими решениями, базируются на доказанных выводах и согласуются с известным опытом работы сортировочных станций.

Основные результаты исследования были представлены в докладах и получили одобрение на Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию Сибирского государственного университета путей сообщения «Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе» (28-29 ноября 2012 г., г. Новосибирск), Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Транспорт Урала» (20-21 ноября 2013 г., г. Екатеринбург), международной научно-практической конференции «Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте-2013» (20-30 декабря 2013 г., г. Одесса), Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Транспорт: проблемы, идеи, перспективы», (21-25 апреля 2014 г., г. Санкт-Петербург), на заседаниях кафедры «Управление эксплуатационной работой», научно-технического совета факультета «Управление процессами перевозок» Сибирского государственного университета путей сообщения, на заседании кафедры «Управление эксплуатационной работой» Уральского государственного университета путей сообщения.

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

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 116 источников, и четырех приложений. Содержание работы изложено на 134 страницах основного текста, включающего 11 таблиц, 32 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отражена актуальность диссертационного исследования, сформулирована цель, задачи, а также дана общая характеристика работы.

Первая глава посвящена анализу отечественного и зарубежного опыта организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика. Уделено особое внимание вопросу функционирования технических станций как в условиях применения действующей в Российской Федерации системы отправления грузовых поездов по готовности, так и при отправлении готовых составов по расписанию.

Переход на новую систему организации поездопотоков по твердым ниткам осуществляется с сохранением условия отправления полновесных или полносоставных поездов, что при существующей технологии работы сортировочных станций приведет к значительному увеличению простоя транзитных вагонов с переработкой и большей занятости путей парков технических станций. В связи с этим возникает необходимость не только обоснования целесообразности отправления поездов с технических станций конкретного назначения плана формирования по твердым ниткам графика, но и изменения технологии работы систем формирования станций по переработке вагонопотоков.

Вторая глава посвящена исследованию параметров назначений плана формирования грузовых поездов различных мощностей, а также анализу и причинам простоя транзитных вагонов с переработкой в системе формирования сортировочной станции. Формализованная модель работы сортировочной станции с учетом отправления грузовых поездов по твердым ниткам и минимизации зависящих эксплуатационных расходов включает в себя:

$$E = E_{\text{пер.}} + E_{\text{нак.}} + E_{\text{пр.ваг.}} + E_{\text{пр.лок.}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

при ограничениях:

$$k_i \leq k_{\max i}, \quad (2)$$

$$N_{\text{оби}} \leq N_{\text{ти}} \quad (3)$$

$$M_{\text{потр.т}} \leq M_{\max t}, \quad (4)$$

$$N_k \leq N_{\min k}, \quad (5)$$

где $E_{\text{пер.}}$, $E_{\text{нак.}}$, $E_{\text{пр.ваг.}}$, $E_{\text{пр.лок.}}$ – среднесуточные эксплуатационные расходы, связанные соответственно с переработкой вагонов на станциях, накоплением составов, простоем вагонов на станциях (за исключением простоя под накоплением), простоем поездных локомотивов в парках отправления станций; k_i – число назначений поездов, формируемых в i -ой системе станции; $k_{\max i}$ – технически допустимое число назначений поездов, формируемых в i -ой системе станции; $N_{\text{оби}}$ – обязательный

вагонопоток, перерабатываемый в i -ой системе станции; N_{Ti} – технически допустимый вагонопоток для данного числа формируемых назначений в i -ой системе станции, поездов/сутки; $M_{\text{потр.}t}$ – потребный парк поездных локомотивов t -ой специализации; $M_{\text{max}t}$ – максимально допустимый парк поездных локомотивов t -ой специализации; N_k – расчетная мощность назначения k ; $N_{\text{min}k}$ – минимально допустимая мощность назначения k при условии своевременной доставки грузов, вагонов/сутки.

При ожидании составом твердой нитки в сортировочном парке увеличатся общее время простоя вагонов на станции $E_{\text{пр.ваг.}}$:

$$\sum_{i=1}^I E_{\text{пр.ваг.}} = \sum_{i=1}^I N (t_{\text{тех.}i} + t_{\text{ож.}i} + \Delta t_{\text{доп}}^{\text{TB}}) \cdot e_{\text{вч}} \quad (6)$$

Эффективная работа системы формирования сортировочной станции должна быть организована при сведении к минимуму суммарных среднесуточных затрат (6) при выполнении инфраструктурных ограничений (2 – 5) по технически допустимому числу и мощности назначений поездов, формируемых на станции, технически допустимым размерам вагонопотока, перерабатываемого на станции, допустимого парка маневровых локомотивов.

Для разработки методических рекомендаций по оценке резервов пропускной способности технической станции предложена классификация назначений плана формирования, состоящая из 5 категорий, в зависимости от отправляемого суточного поездопотока: от наиболее мощного назначения ($>5,0$ поездов в сутки) до не мощного ($<0,9$ поездов в сутки)

По результатам исследования неравномерности отправления грузовых поездов конкретных назначений ст. Инская Западно-Сибирской железной дороги при существующей системе оперативного планирования определен коэффициент неравномерности отправления поездов, указывающий на рост стабильности отправления поездов в течение суток при увеличении мощности назначения (рисунок 1).

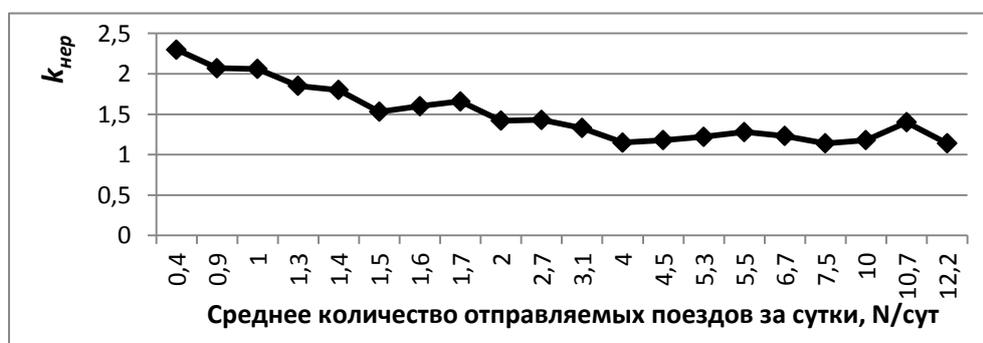


Рисунок 1 – Изменение коэффициента неравномерности отправления в зависимости от мощности назначения

Установлено, что назначение с меньшей мощностью имеет большую неравномерность отправления поездов в течение суток, а мощные и наиболее мощные назначения являются наиболее стабильными и равномерными в течение суток по количеству отправляемых поездов. Кроме этого, около 30% назначений (наиболее мощные и мощные) образуют 70% поездопотока от общего объема. Большая мощность отдельных назначений позволяет за счет допустимого размера простоя вагонов на сортировочных станциях обеспечивать быстрое их отправление с пунктов формирования. Однако маломощные назначения имеют значительные простои вагонов на станции переработки. Из изложенного следует, что организация движения грузовых поездов по твердому графику с выделением устойчивого «ядра» поездов эффективна для наиболее мощных и стабильных назначений плана формирования (средней мощности, мощных и наиболее мощных). Анализ резервов пропускной способности парков систем формирования, выполненный по графикам исполненной работы, показал, что применение этой технологии приведет к возможному увеличению загрузки парков станций.

Как показало моделирование работы станций Западно-Сибирской железной дороги, использование существующей технологии формирования и отправления грузовых поездов по твердым ниткам графика приведет к увеличению простоя (на отдельных станциях время ожидания нитки в парке отправления составило до 3,82 часа), что сокращает или полностью исключает резерв пропускной способности парка отправления. Необходимы новые подходы к координированию систем организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика с технологией работы сортировочных станций, направленные на снижение или полное устранение дефицита пропускной способности парков.

В третьей главе предложена методика оценки резервов пропускной способности сортировочной станции для различных мощностей назначений плана формирования при отвлении полновесных и полносоставных поездов по твердым ниткам графика.

Применение технологии движения грузовых поездов по расписанию гарантирует отправление состава по твердой нитке, не только обеспеченной локомотивом и локомотивной бригадой (на основе заданного на определенный период графика оборота локомотивов), но и согласованной по направлению следования, что существенно уменьшает непроизводительные потери времени. Затраты времени в сортировочном парке увеличиваются вследствие недопустимости сокращения резерва пропускной способности направлений и формирования поездов установленного веса при установленном размере «ядра» твердых ниток в общем поездопотоке. Величина временных затрат определяется долей поездов, отправляемых по расписанию,

мощностью струй формируемых назначений и техническими параметрами сортировочной системы.

В предлагаемой технологии работы состав, накопленный в сортировочном парке, для рационального использования путей парков комплекса формирования станции рекомендуется не переставлять в парк отправления, а продолжить занимать им сортировочный путь (при его наличии) в ожидании твердой нитки графика, обеспеченной поездным локомотивом и локомотивной бригадой (рисунок 2).

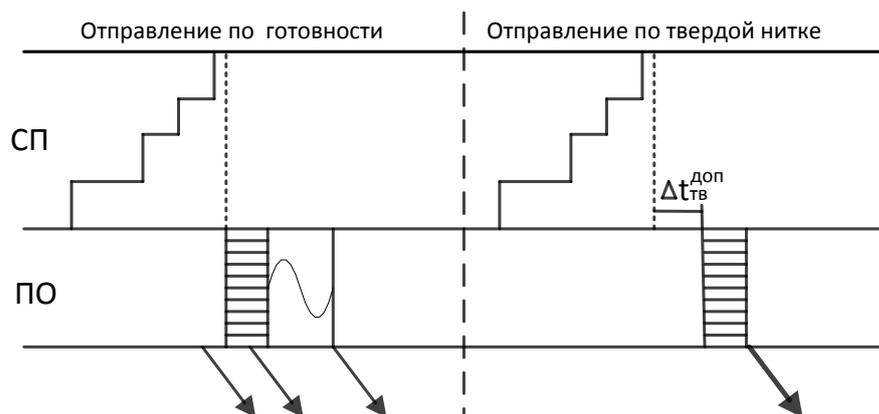


Рисунок 2 – Процесс составообразования в системе формирования

Согласно методике расчета времени нахождения на станции транзитных и перерабатываемых вагонов, Инструктивных указаний по организации вагонопотоков на железных дорогах Российской Федерации и предлагаемой технологии обработки формируемых составов затраты времени на станции примут вид, ч:

$$t_{пер.ij} = t_{пп.k} + t_{рсф} + t_{форм.с} + t_{оп.kj} + \Delta t_{доп}^{ТВ}, \quad (7)$$

где $\Delta t_{доп}^{ТВ}$ - дополнительное время простоя состава на станции в ожидании твердой нитки графика.

Для поездов своего формирования средний простой на путях отправления по каждому парку k поездов, отправляемых на участок j , ч:

$$t_{оп.kj} = t_{тех.оп k} + t_{отпрj} + \Delta t_{доп}^{ТВ ПО}, \quad (8)$$

где $t_{тех.оп k}$ - время технологической обработки состава поезда своего формирования в парке k ; $t_{ож.отпрj}$ - время на подготовку к отправлению на участок j ; $\Delta t_{доп}^{ТВ ПО}$ - дополнительное время простоя состава в парке отправления, вызванное необходимостью ожидания твердой нитки графика.

Среднее время нахождения в системе формирования составов, формируемых на сортировочных путях, ч:

$$t_{форм.с} = t_{ож.офи} + t_{оф.ci} + t_{выст} + \Delta t_{доп}^{ТВ СП}, \quad (9)$$

где $\Delta t_{доп}^{ТВ СП}$ - дополнительное время простоя состава в сортировочном парке, вызванное необходимостью ожидания твердой нитки графика.

Время дополнительного простоя $\Delta t_{\text{доп}}^{\text{ТВ}}$ зависит от мощности назначения плана формирования, доли «ядра» твердых ниток для сформированных поездов на данные назначения, а также технических параметров сортировочной системы:

$$\Delta t_{\text{доп}}^{\text{ТВ}} = f(N_i, \alpha_{я i}, n_{\text{тех}}), \quad (10)$$

где N_i – мощность назначения плана формирования; $\alpha_{я i}$ – доля твердых ниток поездов, отправляемых со станции; $n_{\text{тех}}$ – ограничения технических параметров системы (количество путей, маневровых локомотивов, бригад).

В работе предложена методика определения дополнительных затрат времени на нахождение составов в системе формирования в ожидании нитки графика:

1) В случае выполнения условия по наличию необходимого резерва путей в сортировочном парке простой состава в ожидании твердой нитки осуществляется на этих путях:

$$t_{\text{рез}}^{\text{СП}} \geq \Delta t_{\text{доп}}^{\text{ТВ СП}}, \quad (11)$$

где $t_{\text{рез}}^{\text{СП}}$ – время наличия свободного пути в сортировочном парке (резерв); $\Delta t_{\text{доп}}^{\text{ТВ СП}}$ – дополнительное время простоя состава в сортировочном парке в ожидании твердой нитки графика.

2) Проверяется вариант частичного простоя составов в сортировочном парке и в парке отправления системой условий:

$$\left\{ \begin{array}{l} t_{\text{рез}}^{\text{СП}} \leq \Delta t_{\text{доп}}^{\text{ТВ СП}} \\ t_{\text{рез}}^{\text{ПО}} \geq \Delta t_{\text{доп}}^{\text{ТВ СП}} - t_{\text{рез}}^{\text{СП}} \end{array} \right\}, \quad (12)$$

где $t_{\text{рез}}^{\text{ПО}}$ – время наличия свободного пути в парке отправления (резерв).

В случае выполнения условия (12) в первую очередь для ожидания нитки используется путь в сортировочном парке, а после окончания возможного времени его использования состав переставляют в парк отправления, где он простаивает в ожидании нитки. При этом заблаговременно могут проводиться операции по подготовке состава к отправлению (технический, коммерческий осмотры).

3) Если условия (11), (12) не выполняются – простой составов в ожидании нитки производится в парке отправления при наличии свободных путей.

На рисунке 3 приведен алгоритм работы комплекса формирования сортировочной станции, который предусматривает возможность рациональной системы составообразования на технической станции при отправлении грузовых поездов по твердым ниткам графика. Предлагаемая технология решает проблему отсутствия резерва путей в парке отправления для грузовых поездов, отправляемых как по готовности, так и по расписанию. При организации движения поездов по расписанию из элементов простоя вагонов своего формирования в парке отправления исключается элемент «простой вагонов в ожидании локомотива», так как твердая нитка графика изначально

подразумевает наличие локомотива к моменту отправления поезда. Однако отправление до 100% грузовых поездов по твердым ниткам графика может привести к значительным затратам и в некоторых случаях к увеличению простоя поездов своего формирования на сортировочных станциях в ожидании нитки (в наибольшей степени это касается поездов маломощных назначений). Поэтому целесообразней будет организовать движение грузовых поездов по расписанию для «ядра».

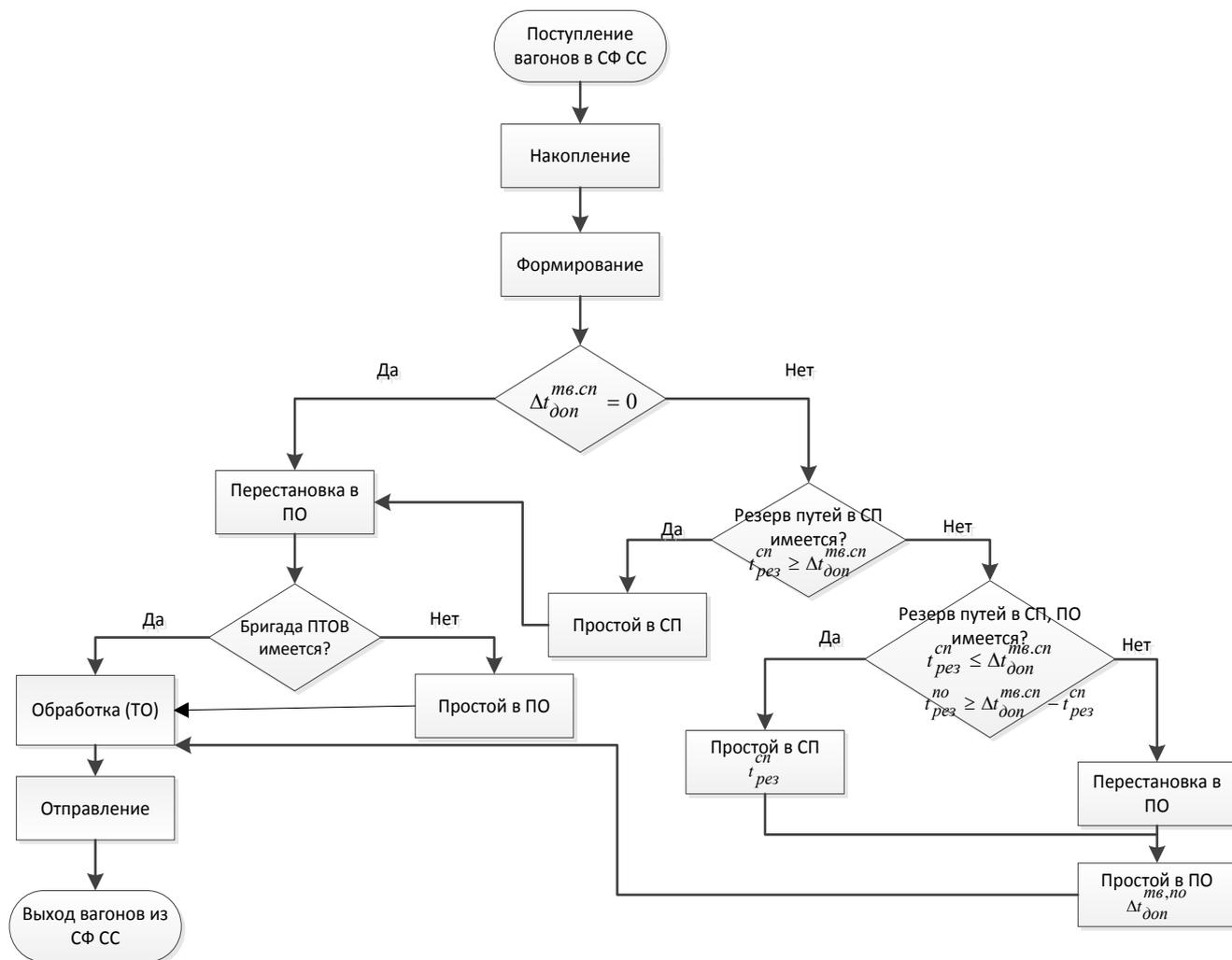


Рисунок 3 – Алгоритм работы системы формирования сортировочной станции по твердым ниткам

Коэффициент, характеризующий рациональную долю «ядра» грузовых поездов, отправляемых со станции по твердому графику, и определяемый исходя из критериев каждой категории мощности назначения плана формирования:

$$\alpha_{яi} = \begin{cases} \frac{T_{нi}}{I_{отпрi}} \cdot k_{нер} \cdot \mu, & \text{при } N_i \geq 3 \text{ поезда/сут;} \\ \frac{T_{нi}}{I_{отпрi}} \cdot k_{нер}, & \text{при } N_i < 3 \text{ поезда/сут.} \end{cases} \quad (13)$$

где $T_{нi}$ – время накопления состава в системе формирования грузовых поездов i -го назначения плана формирования; $I_{отпрi}$ – интервал отправления поездов i -ой мощности

назначения, $k_{\text{нер}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность поступления составов в систему формирования; μ – коэффициент, учитывающий параллельное или частично-параллельное накопление составов на 2 и более путях в соответствии со специализацией. Числовое значение коэффициента «ядра» для различных категорий мощности струй определяется в пределах $0,42 \leq \alpha_{\text{я}} \leq 0,68$ (моделирование работы станции показало, что при превышении значения 0,68 увеличиваются затраты времени нахождения составов в системе формирования, что требует дополнительных сортировочных путей).

Для расчета оптимальных размеров вагонопотока для станции (системы) целесообразно определить затраты времени нахождения вагонов «ядра» в системе:

1) Определяется технически рациональный уровень загрузки путей парка отправления $\gamma_{\text{оп}}$ в зависимости от резерва грузовых локомотивов по методике, предложенной Е.В. Архангельским;

2) Рассчитываются технически рациональные размеры отправления поездов своего формирования по методике ВНИИЖТа с использованием «ядра»:

$$n_{\text{т.оп}} = \frac{2n_{\text{н.оп}}(1+\rho_{\text{оп}})\gamma_{\text{оп}}}{1+K_c} \alpha_{\text{я}}, \quad (14)$$

где $n_{\text{н.оп}}$ – наличная пропускная способность путей парка отправления; $\rho_{\text{оп}}$ – коэффициент, учитывающий потери пропускной способности путей парка из-за внутрисуточной неравномерности поездопотоков и станционных процессов; $\alpha_{\text{я}}$ – доля «ядра» грузовых поездов для системы формирования станции; K_c – коэффициент внутримесячной неравномерности размеров грузового движения.

3) По зависимости на рисунке 4, предложенной А.Ф. Бородиным, и экстраполированной для условий задачи, определяется дополнительное время простоя состава в ожидании твердой нитки графика $\Delta t_{\text{доп}}$ в зависимости от соотношения $n_{\phi}/n_{\text{т.оп}}$ и загрузки маневровых локомотивов формирования $\gamma_{\text{л}}$.

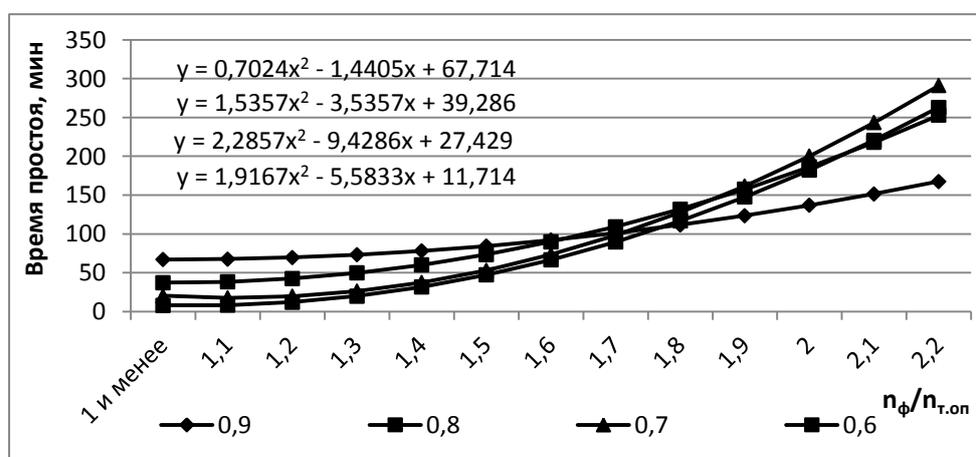


Рисунок 4 – Зависимость для определения значений $\Delta t_{\text{доп}}$

4) Определяется доля использования мощности путей сортировочного парка поездами «ядра» по формуле:

$$\varphi = \frac{\Delta t_{\text{доп}}}{1440 - T_{\text{тех}}}, \quad (15)$$

где $T_{\text{тех}}$ – время выполнения работ по текущему обслуживанию, плановым видам ремонта и снегоуборке.

5) Рассчитываются размеры переработки с учетом резерва, необходимого для обеспечения простоя составов в ожидании твердой нитки графика:

$$N_{\text{ТТВ}} = N_{\text{Т(max)}} \varphi \quad (16)$$

б) Для конкретной системы сортировочной станции (рисунок 5) согласно методике расчета нормативов переработки вагонопотоков и формирования поездов можно определять, имеется ли резерв перерабатывающей способности при отправлении поездов по твердым ниткам графика путем ввода дополнительного ограничения.

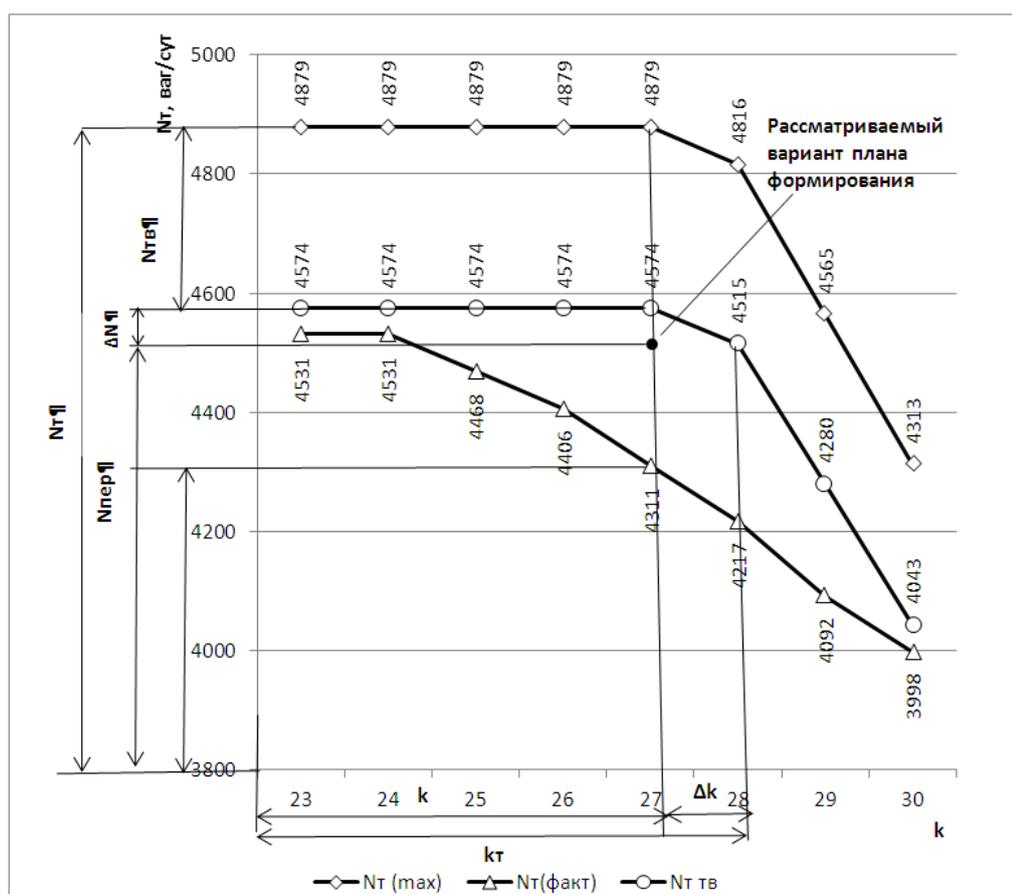


Рисунок 5 – Определение возможности организации движения поездов по твердым ниткам графика с учетом оптимального плана формирования (ст. Инская)

Графики зависимости технически допустимых размеров переработки $N_{\text{т}}$ от количества назначений формируемых поездов k ограничивают область, в пределах

которой станция (сортировочная система) обеспечивает беспрепятственный прием поездов.

Для поездопотока, перерабатываемого на станции и отправляемого по твердым ниткам графика, ограничения характеризуются функцией:

$$k_T = f(n_{\text{пер}}, M_T, M_{\text{ф}}, N_{\text{ТВ}}), \quad (17)$$

где k_T – технически допустимое число назначений формируемых поездов; $n_{\text{пер}}$ – количество составов, поступающих в переработку за сутки; $M_T, M_{\text{ф}}$ – количество маневровых локомотивов, занятых на расформировании-формировании поездов (соответственно на горке и на вытяжных путях); $N_{\text{ТВ}}$ – количество твердых ниток графика, по которым отправляются сформированные поезда со станции.

Графики зависимостей построены для трех вариантов исходных данных:

$$N_T = f(k) \quad (18)$$

1) N_T (факт) – при количестве маневровых локомотивов на горках и на вытяжках формирования, работающих на станциях;

2) N_T (max) – при количестве маневровых локомотивов на горках и на вытяжках формирования, максимально возможном при действующем путевом развитии станций и сортировочных систем;

3) N_T тв (max) – при отправлении «ядра» грузовых поездов по твердым ниткам графика.

При разработке и корректировке плана формирования поездов необходимо сопоставлять с технически рациональными размерами перерабатываемого вагонопотока и число назначений поездов по действующему варианту плана формирования, а также по вариантам проектируемого плана.

Предлагаемая методика расчета на уровне предварительного планирования позволит определить возможность станции по организации поездной работы по твердым ниткам. При составлении графика движения поездов целесообразно оценивать конкретное направление исходя из возможности сортировочных станций перерабатывать вагонопотоки и отправлять сформированные поезда по твердым ниткам. Для того, чтобы одновременно обеспечить стабилизацию движения, эффективное использование локомотивного парка, а также пропускную способность станций и участков, необходимо гарантировать обязательный резерв путей в сортировочном парке, а при невозможности - в парке отправления.

В четвертой главе приведена оценка эффективности предлагаемого способа составообразования на сортировочных станциях в сравнении с существующей системой отправления грузовых поездов по готовности и определена сфера применения предложенных методических решений. Расчет экономии эксплуатационных расходов

производился для назначений плана формирования различной мощности в соответствии с предлагаемой классификацией по формуле:

$$\sum E = \sum E_{\text{форм}} + \sum E_{\text{оп}} + \sum E_{\text{назн}} + \sum E_{\text{лок}}, \quad (19)$$

где $\sum E_{\text{форм}}$ – экономия расходов на станции формирования поезда; $\sum E_{\text{оп}}$ – экономия расходов на опорных станциях маршрута; $\sum E_{\text{назн}}$ – экономия расходов на станции назначения поезда; $\sum E_{\text{лок}}$ – экономия расходов за счет эффективного использования локомотивного парка.

На станции формирования учтена экономия от сокращения простоя вагонов в ожидании локомотива и отправления, и в то же время учтено увеличение затрат времени на ожидание составов твердой нитки в системе формирования. На попутных станциях и станции назначения экономится время за счет сокращения элементов ожидания обработки составов, поскольку время прибытия поезда известно заранее и задачами оперативного персонала станций становится первоочередное обеспечение поезда, обращающегося по твердой нитке, бригадой пункта технического обслуживания вагонов и локомотивной бригадой.

На рисунке 6 приведены годовые расходы, связанные с простоем вагонов по вариантам организации продвижения поездопотоков.

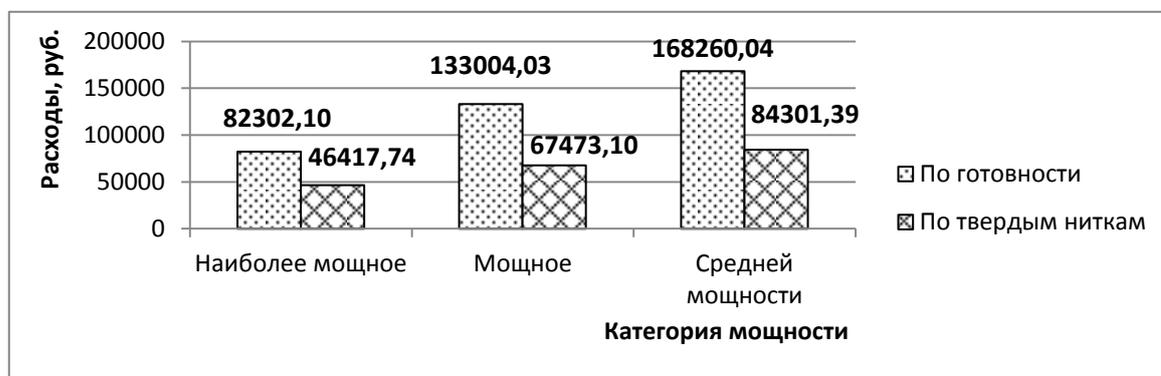


Рисунок 6 – Эксплуатационные расходы по простоям вагонов

Расчеты показывают, что улучшение значений качественных показателей подтверждается экономией суммарных годовых эксплуатационных расходов, при этом экономия локомотивного парка для одного наиболее мощного значения составила 144 единицы, мощного – 48, среднего – 24.

В диссертации рассматривается возможность применения предлагаемых методических решений и подходов. Для осуществления предварительного планирования состава образования с использованием Автоматизированной системы организации вагонопотоков (АСОВ) и Автоматизированной системы управления линейным районом (АСУЛР) предложен порядок принятия решений в процессе формирования и отправления поездов по твердым ниткам графика (рисунок 7).

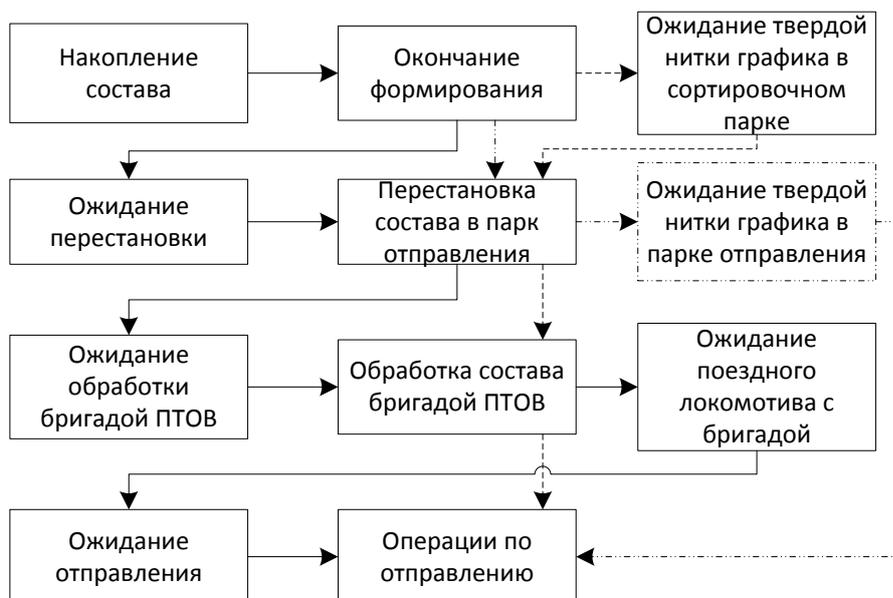


Рисунок 7 – Схема составообразования на сортировочных станциях при отправлении грузовых поездов по твердым ниткам графика.

Рассмотрены пути дальнейших исследований и перспективы методических решений при организации движения грузовых поездов по твердым ниткам графика с целью сокращения срока доставки грузов при наиболее эффективном использовании инфраструктуры железнодорожной сети.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итогом диссертационного исследования стали следующие научные результаты:

1. Выполнен анализ затрат времени нахождения составов в комплексе формирования технических станций. Установлено отсутствие резерва пропускной способности, который необходим для отправления полновесных или полносоставных грузовых поездов по твердым ниткам графика. Выполнены расчеты на основе моделирования работы станции, по результатам которых определена необходимость изменения технологии составообразования. Предложена классификация назначений плана формирования по мощности назначений.

2. Разработана формула расчета коэффициента «ядра» α_n сформированных технической станцией грузовых поездов применительно к отправлению по твердым ниткам графика в зависимости от категории мощности назначения, времени накопления, интервала отправления и условий накопления вагонов. Определено, что α_n для различных категорий мощности струй находится в пределах от 0,42 до 0,68. Установлено,

что превышение значения 0,68 требует дополнительных путей в сортировочном парке и увеличивает затраты времени на нахождение составов в системе формирования.

3. Выведены в аналитический вид зависимости количества грузовых поездов, отправляемых с сортировочных станций по твердым ниткам графика, от резерва путей в сортировочном парке, величины перерабатываемого вагонопотока, количества назначений определенной категории мощности, которые могут использоваться при разработке плана формирования и графика движения поездов.

4. Предложен метод определения рациональных объемов переработки на сортировочных станциях, основанный на соотнесении прогнозных объемов переработки с объемами, определяемыми с учетом резерва пропускной способности при отправлении поездов по твердым ниткам графика. Это позволяет на стадии разработки плана формирования выявить направления сети, которые обеспечат стабильную работу сортировочных станций по формированию и отправлению грузовых поездов по твердым ниткам графика.

5. Проведена модернизация алгоритма планирования составообразования на сортировочных станциях. Разработанные рекомендации позволят повысить эффективность использования их инфраструктуры, обеспечить сокращение затрат времени на переработку составов в системе формирования, уменьшить оборот вагонов и локомотивов за счет сокращения элементов ожидания, ускорить продвижение вагонопотока.

6. Разработанные методические рекомендации позволяют усовершенствовать систему организации вагонопотоков, в частности, в комплексе задач Автоматизированной системы организации вагонопотоков (АСОВ) по планированию эксплуатационной работы.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в ведущих российских рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Чечулина, Ю.А. Работа сортировочной станции в условиях перехода к организации движения грузовых поездов по твердому графику [Текст] / Ю.А. Чечулина, О.П. Югрин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2013. – №1. – С. 85-87.

2. Чечулина, Ю.А. Анализ занятости путей парков сортировочной станции в условиях перехода к организации движения грузовых поездов по расписанию [Текст] / Ю.А. Чечулина // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2013. – №2. – С. 92-95.

3. Чечулина, Ю.А. Особенности работы сортировочной станции при организации движения поездов по твердым ниткам графика [Текст] / Ю.А. Чечулина, О.П. Югрина // Транспорт Урала. – 2014. – №1 (40). – С.83-87.

4. Чечулина, Ю.А. Обоснование целесообразности отправления грузовых поездов с технической станции по твердым ниткам графика [Текст] / Ю.А. Чечулина // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2014. – №1-2. – С. 95-97.

5. Чечулина, Ю.А. Оптимизация работы системы формирования при отвлении грузовых поездов по «твердым» ниткам графика [Текст] / О.П. Югрина, Ю.А. Чечулина // Железнодорожный транспорт. – 2014. – №12.– С. 32–34.

Публикации в журналах и научных сборниках:

6. Чечулина, Ю.А. Работа сортировочной станции в условиях перехода к организации движения по «твердым» ниткам графика [Электронный ресурс, № заказа 2394] / Ю.А. Чечулина // Молодёжь и наука: Сборник материалов IX Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярск – 2013.

7. Чечулина, Ю.А. Проблема прямой и обратной связи элементов сортировочной станции [Текст] / Ю.А. Чечулина // Наука и молодежь СГУПС в третьем тысячелетии: Сб. науч. ст. аспирантов и аспирантов-стажеров, посвященный 80-летию СГУПС. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2013. – Вып. 1. – С. 186-192.

8. Чечулина, Ю.А. Проблема взаимодействия элементов сортировочной станции и прилегающих участков [Текст] / Ю.А. Чечулина // Инновационные факторы развития Транссиба на современном этапе. Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию Сибирского государственного университета путей сообщения. Тезисы конференции. Ч.1. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2012. – С. 209-211.

9. Чечулина, Ю.А. Сокращение срока доставки грузов при организации движения грузовых поездов по расписанию [Текст] / Ю.А. Чечулина, Л.С. Казанцева // Сборник научных трудов SWorld. Материалы Международной науч.-практ. конф. «Перспективные

инновации в науке, образовании, производстве и транспорте-2013». – Одесса: Черноморье, 2013. – Вып. 4. Т.1. – С. 27 –30.

10. Чечулина, Ю.А. Исследование возможности организации движения грузовых поездов с сортировочной станции по твердому графику [Текст] / Ю.А. Чечулина // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2014. – Вып. 30. – С.137 – 141.

11. Чечулина, Ю.А. Оптимизация работы системы формирования сортировочной станции при организации работы по твердым ниткам графика [Текст] / Ю.А. Чечулина // Транспорт: проблемы, идеи, перспективы: сборник трудов LXXIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 21–25 апреля 2014 г., Санкт-Петербург. – Спб: ФГБОУ ВПО ПГУПС, 2014. С.188 – 190.

12. Методика определения взаимосвязи показателей эксплуатационной работы с доставкой груза «точно в срок» / О.П. Югина, Ю.А. Чечулина, Л.С. Казанцева // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 19859.

Чечулина Юлия Андреевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАБОТЫ КОМПЛЕКСА
ФОРМИРОВАНИЯ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ
ПОЕЗДОВ ПО ТВЕРДЫМ НИТКАМ ГРАФИКА**

05.22.08 – Управление процессами перевозок (технические науки)

Подписано в печать 24.12.2014 г.

Объем 1 печ. лист Тираж 100 экз. Заказ № 2866

Издательство ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей
сообщения»

630049, г. Новосибирск, ул. Д. Ковальчук, 191. Тел./факс (383) 328-03-81
