

На правах рукописи



МЕХЕДОВ Михаил Иванович

**МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ
СТАБИЛЬНОСТЬ ПРОПУСКА ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОПОТОКОВ
НА ГРУЗОНАПРЯЖЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЯХ**

05.22.08 – Управление процессами перевозок
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2016

Диссертация выполнена в акционерном обществе «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»).

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор

Мугинштейн Лев Александрович

Официальные оппоненты:

Тимухина Елена Николаевна - доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения», кафедра «Управление эксплуатационной работой», заведующая кафедрой.

Панин Виталий Владимирович - кандидат технических наук, акционерное общество «Институт экономики и развития транспорта», отделение «Взаимодействия транспортных систем», заведующий отделением.

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения»

Защита состоится 15 февраля 2017 г. в 11 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 218.005.14 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II» МГУПС (МИИТ) по адресу: 127994, г. Москва, ул. Образцова, д. 9 стр. 9, аудитория 2505.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета и на сайте МГУПС (МИИТ): www.miit.ru.

Автореферат разослан «__» декабря 2016 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



Сидоренко
Валентина Геннадьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. На протяжении всего периода развития железнодорожного транспорта возникали системные проблемы, оказывающие значительное влияние на стабильное продвижение поездопотоков. В начале восьмидесятых годов были получены зависимости, показывающие, что с ростом интенсивности движения поездопотока уменьшается скорость его продвижения, увеличивая потребность в локомотивах и локомотивных бригадах и приводя к росту себестоимости перевозок. После распада Советского Союза, вследствие потери экономических связей между регионами и снижения объемов производства, на сети произошло повсеместное снижение объемов перевозок. Первоочередными стали вопросы сокращения расходов на содержание незагруженных объектов инфраструктуры и невостребованного подвижного состава. Исследования по проблемам использования пропускных и провозных способностей линий в определенной степени потеряли свою актуальность.

Рост экономики РФ в период 2000-2010 гг. привел к увеличению объемов перевозок на сети железных дорог. Переориентация экономических связей на мировые рынки, передача инвентарного парка вагонов в операторские компании привела к изменениям структуры грузопотоков. Одной из ключевых проблем сегодня является несоответствие уровня транспортного обеспечения и развития железных дорог Дальнего Востока и Восточной Сибири предъявляемому грузопотоку. В совокупности это привело к возникновению проблем, которые наблюдались в советское время в период пиковых перевозок, но по сравнению с тем временем качественно изменились условия движения, в частности: повышены весовые нормы, длины поездов, увеличена протяженность участков обращения локомотивов и локомотивных бригад, изменена технология ремонта объектов инфраструктуры.

В диссертационной работе проведено исследование основных факторов, влияющих на стабильное продвижение потока грузовых поездов на железнодорожном направлении, предложена методология оценки степени их влияния с использованием результатов исследований данной проблематики

представителями российской транспортной науки.

В условиях ограниченности финансовых ресурсов на развитие инфраструктуры железных дорог для решения задач обеспечения возрастающих требований экономики страны, методология оценки факторов влияния на стабильное продвижение поездов, разработка комплексных и точечных мер по их устранению или минимизации влияния на перевозочный процесс, повышение реализуемых пропускной и провозной способностей отдельных участков и направлений имеют высокую актуальность и позволят обеспечить освоение дополнительных объемов грузоперевозок и снижение себестоимости перевозок.

Целью диссертации является разработка методики по определению основных факторов, определяющих стабильный пропуск грузовых поездопотоков на протяженных железнодорожных линиях, и выработка мер по снижению влияния факторов, отрицательно влияющих на перевозочный процесс.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие **задачи**:

- разработка методики по определению ключевых факторов влияния на стабильный пропуск грузовых поездов и метода экономической оценки мероприятий по стабилизации перевозочного процесса;

- установление статистических и аналитических зависимостей между участковыми скоростями движения поездов, количеством и временами занятости приемоотправочных путей (ПОП) на технических станциях, размерами движения грузовых поездов, количеством локомотивов;

- выделение ключевых факторов, влияющих на стабильное продвижение поездопотоков;

- оценка влияния смены локомотивов на работу станции с учетом технико-технологического обеспечения пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ) и управленческих решений диспетчерского аппарата при организации обращения локомотивов на полигоне.

Объектом исследования является железнодорожная линия Транссиба в границах Забайкальской железной дороги.

Предметом исследования являются параметры процесса продвижения поездопотоков, их взаимодействие и закономерности изменения.

Методология и методика исследования. Исследования базируются на известных теориях организации перевозочного процесса, тягового обеспечения поездопотоков, экономического анализа. Диссертационная работа выполнена на основе факторного анализа изменений статистических параметров работы железнодорожного направления, методов математической статистики и математического анализа. Используются работы российских ученых в области управления перевозочным процессом: В.И. Апатцева, А.М. Баранова, А.П. Батурина, А.Ф. Бородина, П.С. Грунтова, Ю.В. Дьякова, В.Е. Козлова, П.А. Козлова, В.А. Кудрявцева, Д.Ю. Левина, А.М. Макаровичина, В.П. Могилы, В.И. Некрашевича, А.Т. Осьминина, Ю.О. Пазойского, Е.А. Сотникова, Э.Д. Фельдман, И.Н. Шапкина, В.А. Шарова и др.

Научная новизна диссертационной работы заключается в том, что:

1) проведенный анализ статистических и аналитических данных позволил определить влияние различных факторов на стабильное движение грузовых поездов с учетом процессов взаимодействия технических станций и направлений крупного грузонапряженного полигона железнодорожной сети;

2) разработанная методика по выявлению «узких мест» позволяет определять мероприятия по стабилизации продвижения поездопотоков для грузонапряженных полигонов железнодорожной сети, характеризующихся:

- разнотипностью грузового локомотивного парка с дифференциацией весовых норм поездов в границах одного участка обращения локомотивов;
- ведением ремонтно-путевых работ по технологии суточных закрытий главных путей перегонов и в «окна» длительностью 10 – 12 ч;
- протяженностью участков работы локомотивных бригад 350 – 400 км;

3) установлены статистические и аналитические зависимости, в которых взаимоувязаны основные качественные и количественные показатели работы железнодорожной линии: участковая скорость, размеры движения, межпоездные интервалы, количество приемоотправочных путей на технических станциях,

время занятия путей транзитными грузовыми поездами в увязке с процессами технического обслуживания поездных локомотивов;

4) установлен определяющий фактор влияния на пропускную способность направления – обеспеченность поездопотока локомотивами на станции стыкования участков их обращения, определен рациональный резерв локомотивов на станции их смены;

5) разработаны методические принципы оценки технологического эффекта вариантов управления тяговыми ресурсами путем математического моделирования динамики развития поездной ситуации на грузонапряженных полигонах железнодорожной сети.

Практическая ценность работы заключается:

- в разработке методики по определению основных факторов, определяющих стабильный пропуск грузовых поездопотоков на протяженных железнодорожных линиях, апробированной на особо грузонапряженной линии Транссиба в границах Забайкальской железной дороги;

- в разработке системы мероприятий, направленных на дальнейшую интенсификацию перевозочного процесса на грузонапряженной линии Транссиба в границах Забайкальской дороги, что позволило получить положительную динамику по выполнению количественных и качественных показателей Забайкальской дороги.

Практическая реализация работы заключается:

- в применении результатов и выводов диссертации при разработке технологического процесса управления тяговыми ресурсами Восточного полигона, а также технологических и организационных мер, направленных на развитие полигонных технологий;

- в разработке управленческих решений по совершенствованию пропуска поездопотоков диспетчерским аппаратом Забайкальской железной дороги на уровне поездных и локомотивных диспетчеров, старших диспетчеров по районам управления и по дороге, что позволило повысить уровень эффективности диспетчерского управления перевозочным процессом, подтвердить теоретические

положения выполненной работы и получить существенный экономический эффект.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные положения диссертации обсуждены и одобрены: на международной научно-практической конференции «Проблемы трансфера современных технологий в экономику Забайкалья и железнодорожный транспорт» (г. Чита, 2011 г.), на ученом совете ОАО «ВНИИЖТ» «Создание новой технологии построения суточного прогнозного графика на основе системы «Эльбрус»» (г. Москва, 2012 г.), на заседаниях кафедры «Управление эксплуатационной работой» Забайкальского института инженеров железнодорожного транспорта (г. Чита, 2013-14 гг.), на заседании кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Московского государственного университета путей сообщения (г. Москва, 2015-16 гг.).

На защиту выносятся полученные соискателем следующие основные научные положения и результаты:

- методика по выявлению «узких» мест и ранжированию факторов влияния на стабильное продвижение поездопотоков железнодорожной линии, основанная на оценках изменений участковой скорости по времени и по отдельным участкам железных дорог;

- аналитические соотношения между основными качественными и количественными показателями работы железнодорожной линии: участковой скоростью, размерами движения, количеством приемо-отправочных путей, временем их занятия, межпоездными интервалами;

- определенная в качестве основного фактора обеспеченность поездопотока локомотивами на станции их смены – станции Карымская, влияющая на снижение пропускной способности Забайкальской железной дороги;

- установленная величина рационального резерва локомотивов, необходимая на станции их смены;

- оценка влияния управленческих решений по организации работы

локомотивного парка на показатели железнодорожного направления;

- существенная экономическая эффективность разработанных мероприятий по интенсификации перевозочного процесса на железнодорожной линии.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 6-ти работах, из них в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ – 3 работы.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, библиографического списка литературы. Основная часть диссертации составляет 127 страниц текста, 59 рисунков, 18 таблиц, список использованной литературы, включающий 117 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В введении обоснована актуальность темы диссертации, определены цель и задачи исследования, научная новизна и практическая значимость работы, изложена ее структура.

В первой главе рассмотрено состояние исследований, посвященных техническому нормированию и пропускной способности железнодорожных линий, выполнен обзор работ, посвященных проблемам обеспечения стабильного пропуска поездов при увеличении интенсивности движения. Большой вклад внесли ученые: А.М. Баранов, Э.Д. Фельдман, П.С. Грунтов, Ю.В. Дьяков, А.М. Макарович, В.Е. Козлов, В.И. Некрашевич, Е.А. Сотников и др.

На современном этапе развития железнодорожного транспорта современными учеными определено, что наиболее приемлемой и отвечающей требованиям ритмичности, точности по срокам, конкурентоспособности среди остальных видов транспорта, а также снижения себестоимости перевозок является организация движения поездов по расписанию. Основные системные исследования по данному вопросу ученых В.А. Шарова, А.Ф. Бородина, В.В. Панина, В.И. Некрашевича, Е.А. Сотникова, Н.В. Кондрахиной, П.А. Козлова легли в основу Комплексной Интегрированной технологии управления движением грузовых поездов по расписанию (распоряжение ОАО «РЖД» от 9.07.12 г. № 1360р).

Существенным развитием этой технологии явилась разработка специалистами АО «ВНИИЖТ» Л.А. Мугинштейном, С.А. Виноградовым, В.Ю. Кирякиным, А.Ю. Афиногеновым и О.В. Ляшко аппаратно-программного комплекса ЭЛЬБРУС, который на основе методов имитационного моделирования позволяет с большой степенью автоматизации разрабатывать варианты графики движения поездов по энергооптимальным расписаниям, с учетом плановых и внеплановых «окон» для ремонта и содержания объектов инфраструктуры, наличия предупреждений об ограничении скорости движения поездов и т.д. Автор диссертационной работы принимал участие в обсуждении направлений развития системы «Эльбрус» при внедрении и адаптации системы.

Установлено, что в современных условиях работы железнодорожного транспорта с учетом изменений структуры поездопотоков, весовых норм и длин поездов, увеличения протяженности участков обслуживания локомотивами и локомотивными бригадами, научные исследования вопросов, связанных с пропускными способностями железнодорожных линий, требуют определенной степени расширения и актуализации в части выделения дестабилизирующих факторов на грузонапряженных направлениях.

Во второй главе рассмотрен ключевой признак нестабильного пропуска поездопотока, которым является уменьшение участковой скорости движения грузовых поездов. На основе детального анализа изменений участковой скорости по периодам времени и поездоучасткам выявлены и исследованы «узкие места», на которых затруднен пропуск поездов, и основные факторы, наиболее существенно влияющие на пропуск грузовых поездов на полигоне Забайкальской дороги. В период с 2008 по 2012 гг. участковая скорость на дороге снизилась на 7,2 км/ч при росте объема перевозок на 23,1%. Это свидетельствует о наличии существенных отклонений реальных условий эксплуатации линии от расчетных.

Анализ изменений участковой скорости на поездоучастках дороги позволяет поэтапно определить следующие основные факторы влияния на данный качественный показатель: размеры движения, «сезонность», достаточность локомотивов на станции их смены. Под «сезонностью» в диссертации понимается

период времени года, когда на инфраструктуре выполняются ремонтные и реконструктивные работы в «окна».

По данным статистического анализа выделен участок Чита – Карымская, на котором фактическое выполнение участковой скорости по итогам 2012 г. составляет 19,5 км/ч. Установлено, что на данном участке наибольшее влияние оказывает обеспеченность локомотивами вывоза грузовых поездов четного направления со станции Карымская, которая может быть оценена на основании анализа статистических данных, приведенных на рисунке 1. На этом рисунке показаны значения участковых скоростей за каждые сутки мая 2012 г. на участке Чита – Карымская в зависимости от суточного баланса локомотивов в узле Карымская. В течение мая можно выделить четыре периода: два с положительным балансом локомотивов и два с отрицательным. При положительном балансе участковая скорость увеличивается, а при отрицательном уменьшается и стабилизируется на достаточно низком уровне около 13 км/ч.

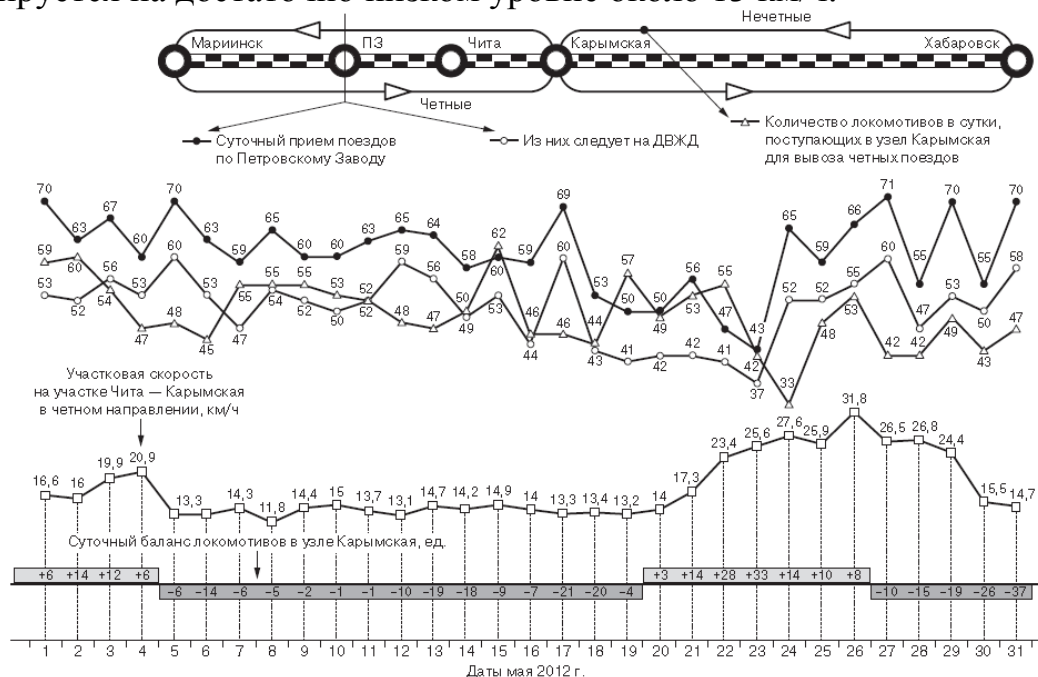


Рисунок 1. Обеспечение вывоза четных поездов со станции Карымская в мае 2012 г.

На основании данных, характеризующих ежесуточное поездовое положение в течение четырех лет (2009-2012 гг.), в сопоставлении с величинами среднесуточных участковых скоростей получены точки, соответствующие среднесуточному балансу локомотивов в узле и скорости за каждый месяц рассматриваемого периода на участке Чита – Карымская (см. рисунок 2).

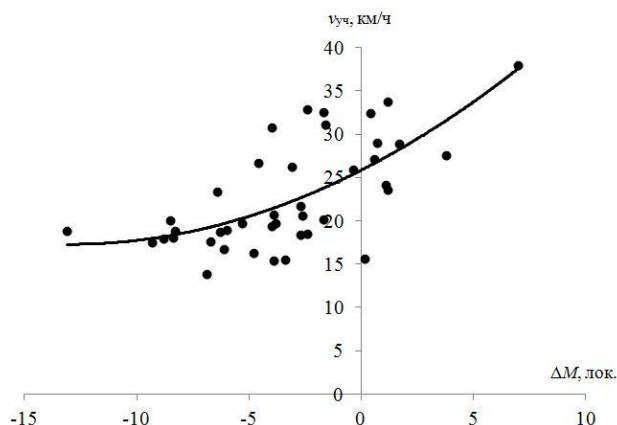


Рисунок 2. Диаграмма рассеивания баланса локомотивов ΔM на станции Карымская и выполнения участковой скорости $v_{уч}$ на участке Чита – Карымская (2009-2012 гг.).

Полученные данные с помощью метода наименьших квадратов аппроксимированы следующей зависимостью, связывающей ΔM и $v_{уч}$:

$$v_{уч}(\Delta M) = 0,05 \cdot \Delta M^2 + 1,32 \cdot \Delta M + 25,84 \quad (1)$$

Для определения ΔM , при котором значение функции (1) будет равно значению участковой скорости, установленной графиком движения, можно решить уравнение:

$$0,05 \cdot \Delta M^2 + 1,32 \cdot \Delta M + 25,84 = v_{уч.гр.} \quad (2)$$

где $v_{уч.гр.}$ – участковая скорость по нормативному графику движения, км/ч.

Проведенные расчеты показывают, что при дефиците локомотивов от 10 до 0 участковая скорость ограничена параметрами 15 – 25 км/ч, а при положительном балансе в 8 локомотивов, будет равна графиковым значениям на уровне 40 км/ч.

В третьей главе рассмотрены вопросы пропускной способности железнодорожных направлений. Обратимся к соотношению, определяющему пропускную способность парка станции - $N_{гр}$:

$$N_{гр} = \frac{1440 \cdot m - \sum T_{пост}}{t_{зан}} \quad (3)$$

где 1440 — суточный лимит времени, мин;

m — количество приемоотправочных путей (ПОП);

$\sum T_{пост}$ — время занятия пути в течение суток для выполнения постоянных операций, мин.;

$t_{зан}$ — время занятия пути поездом, мин.

Время занятия пути $t_{\text{зан}}$ определяется следующим выражением:

$$t_{\text{зан}} = t_{\text{по}} + t_{\text{тех}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{по}}$ – время занятости ПОП во время приема, отправления поездов, мин;
 $t_{\text{тех}}$ – нормативное время на проведение технологических операций, мин.

Рассмотрим условную техническую станцию В (см. рисунок 3) со следующими параметрами: $m = 3$ пути, $t_{\text{зан}} = 60$ мин. Интервал отправления с соседней станции А $I_A = 10$ мин, время хода по графику $t_{\text{гр}} = 30$ мин. Наглядно видно, что на станции В не обеспечивается беспрепятственный прием поездов, происходят задержки поездов перед станцией и возникает время ожидания каждым поездом приема на станцию В.

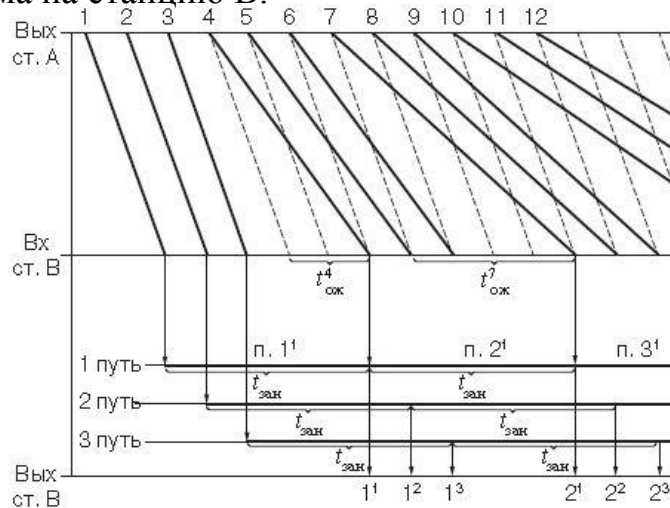


Рисунок 3. Условный график исполненного движения

Установлено, что при $t_{\text{зан}} - m \cdot I_A > 0$ поезда задерживаются на приеме перед станцией и следуют не так, как это предусмотрено идеальной технологией организации пропуска поездов по расписанию, а каждый поезд с ожиданием:

$$t_{\text{ож}}^i = \begin{cases} \left[\frac{i-1}{m} \right] \cdot (t_{\text{зан}} - m \cdot I_A), & \text{при } t_{\text{зан}} > m \cdot I_A \\ 0, & \text{при } t_{\text{зан}} \leq m \cdot I_A \end{cases} \quad (5)$$

где $\left[\frac{i-1}{m} \right]$ – специально введенная функция двух переменных – i и m , принимающая целые значения числа, округляемого в меньшую сторону после выполнения действий в квадратных скобках;

i – изменяется в пределах от 1 до $n_{\text{гр}}$;

$n_{\text{гр}}$ – суточные размеры движения, поезд.

Суммарное время ожидания $T_{\text{ож}}$ может быть определено из соотношения:

$$T_{\text{ож}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{гр}}} t_{\text{ож}}^i \quad (6)$$

После выполнения соответствующего суммирования членов арифметической прогрессии получим:

$$T_{\text{ож}} = \frac{n_{\text{гр}}}{2} \cdot (t_{\text{зан}} - m \cdot I_A) \cdot \left(\frac{n_{\text{гр}}}{m} - 1 \right), \quad (7)$$

Среднее время ожидания приёма поездов на станцию при пропуске поездопотока $n_{\text{гр}}$ может быть определено из соотношения:

$$t_{\text{ож}}^{\text{ср}} = \frac{T_{\text{ож}}}{n_{\text{гр}}} = 0,5 \cdot (t_{\text{зан}} - m \cdot I_A) \cdot \left(\frac{n_{\text{гр}}}{m} - 1 \right) \quad (8)$$

Проведенный анализ показывает необходимость и возможность количественной оценки пропускной способности участков между техническими станциями с учетом не только межпоездных интервалов I_A , но и таких важных показателей, как число и время занятости приемоотправочных путей. При фиксированной пропускной способности станции V и условии $t_{\text{зан}} > m \cdot I_A$ может быть определена величина интервала I_A , при котором будет выполняться условие $t_{\text{зан}} \leq m \cdot I_A$, обеспечивающее $T_{\text{ож}} = 0$.

С помощью следующего выражения можно оценить среднюю участковую скорость движения поездов на участке:

$$v_{\text{уч}}^{\text{ср}} = \frac{60S}{t_{\text{гр}} + t_{\text{ож}}^{\text{ср}}} \quad (9)$$

где S – расстояние между техническими станциями, км;

$t_{\text{гр}}$ – время следования поезда по графику, мин.

Примеры расчетов при различных вариантах приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения $t_{\text{ож}}^{\text{ср}}$ и $v_{\text{уч}}$ при различных вариантах соотношения параметров m , $t_{\text{зан}}$, I_A , $n_{\text{гр}}$

$m = 6, t_{\text{зан}} = 90, I_A = 10$			$m = 7, t_{\text{зан}} = 120, I_A = 15$			$m = 8, t_{\text{зан}} = 180, I_A = 20$		
$n_{\text{гр}}$	$t_{\text{ож}}^{\text{ср}}$	$v_{\text{уч}}$	$n_{\text{гр}}$	$t_{\text{ож}}^{\text{ср}}$	$v_{\text{уч}}$	$n_{\text{гр}}$	$t_{\text{ож}}^{\text{ср}}$	$v_{\text{уч}}$
60	135,0	23,5	60	56,8	33,9	60	65,0	32,4
70	160,0	21,4	70	67,5	32,0	70	77,5	30,4

Анализ показал, что простой грузовых транзитных поездов на технических

станциях Забайкальской дороги существенно вырос. С учетом этого соотношение (4) для времени занятости ПОП поездами необходимо дополнить слагаемым $t_{\text{доп}}$:

$$t_{\text{зан}} = t_{\text{по}} + t_{\text{тех}} + t_{\text{доп}}, \quad (10)$$

где $t_{\text{доп}}$ – время, которое учитывает технологически обоснованные потери (ожидание нитки графика из-за пропуска пассажирских поездов или нитки вариантного графика при предоставлении «окон» на ремонт и содержание инфраструктуры на прилегающих участках) и нетехнологические потери (ожидание локомотивов, локомотивных бригад, размена локомотивов из-за их неисправностей, сбоев графика движения поездов из-за отказов в работе технических средств и т.д.). Следует отметить, что параметр $t_{\text{доп}}$ на технических станциях Забайкальской дороги составляет 50 – 85% от общего времени занятия пути.

На примере станции Карымская, основной задачей которой является пропуск транзитного вагонопотока без переработки, рассмотрим изменение параметров работы станции после проведения реконструкционных работ. В период с 2009 по 2011 гг. проведена реконструкция станции с вводом в эксплуатацию приемоотправочного парка Д. До 2010 г. для пропуска четных поездов на станции Карымская было предназначено шесть ПОП, с 2010 по 2011 гг. использовалось восемь путей и соответственно с конца 2011 г. – 13 путей. Для оценки изменения пропускной способности станции Карымская в период поэтапного усиления ее мощности на рисунке 4 наложены величины простоев поездов в зависимости от размеров движения в четном направлении с 2008 по 2012 гг. на номограмму расчета пропускной способности станции. По точкам, показывающим параметры работы узла за каждый месяц периода, наглядно видно, что с увеличением емкости станции увеличивается и среднее время занятия пути. Белые точки периода 2008 – 2009 гг. приближены к кривой $m = 6$, часть серых точек (2010 – 2011 гг.) накладывается на кривую $m = 8$, при этом черные точки (2012 г.) соответствуют простоям 4 ч и более, приближаясь к кривой $m = 13$. По точкам, показывающим параметры работы узла за каждый месяц периода, наглядно видно, что с увеличением емкости станции увеличивается и среднее

время занятия пути. Белые точки периода 2008 – 2009 гг. приближены к кривой $m = 6$, часть серых точек (2010 – 2011 гг.) накладывается на кривую $m = 8$, при этом черные точки (2012 г.) соответствуют простоям 4 ч и более, приближаясь к кривой $m = 13$.

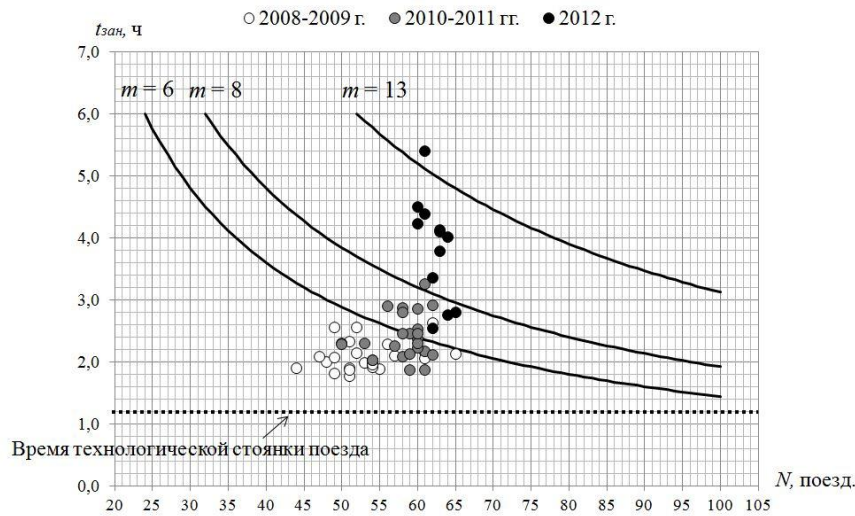


Рисунок 4. Диаграмма рассеивания среднего простоя четных транзитных поездов на станции и размеров движения за каждый месяц в период с 2008 по 2012 гг., наложенная на номограмму расчета пропускной способности станции Карымская при поэтапном увеличении емкости станции (ввод в эксплуатацию ПОП Д: I этап – конец 2009 г., II этап – конец 2011 г.).

Эти данные показывают, что мероприятия по увеличению пропускной способности станции Карымская не привели к ожидаемому результату, так как одновременно с вводом новых ПОП увеличивалось время их занятия. Подробно причины значительного роста простоя по станции Карымская определены в главе 2 и связаны они с систематическим дефицитом локомотивов для вывоза четного потока со станции. Чтобы оценить пропускную способность станции Карымская отобразим на рисунке 5 зависимость усредненного времени занятия пути от количества поездов, полученную при аппроксимации данных параметров выборки на рисунке 4.

Пересечение кривых $m = 6$, $m = 8$, $m = 13$ с кривой средневзвешенной реализованной пропускной способности станции Карымская до и после проведения реконструкционных работ находятся в узком диапазоне от 58 до 63 поездов. Пропускная способность четной системы в рассматриваемый период равнялась соответственно этим величинам, что значительно ниже нормативных расчетных параметров. Классическая формула (3) в данном случае не позволяет объяснить сложившуюся ситуацию: число поездов в четном направлении через

станцию практически фиксировано, и при увеличении числа станционных путей время занятости путей не должно было изменяться, а в нашем случае оно пропорционально увеличивается. То есть, можно сделать выводы: какое количество локомотивов поступает с восточного участка, столько и пропускает станция Карымская в четном направлении.

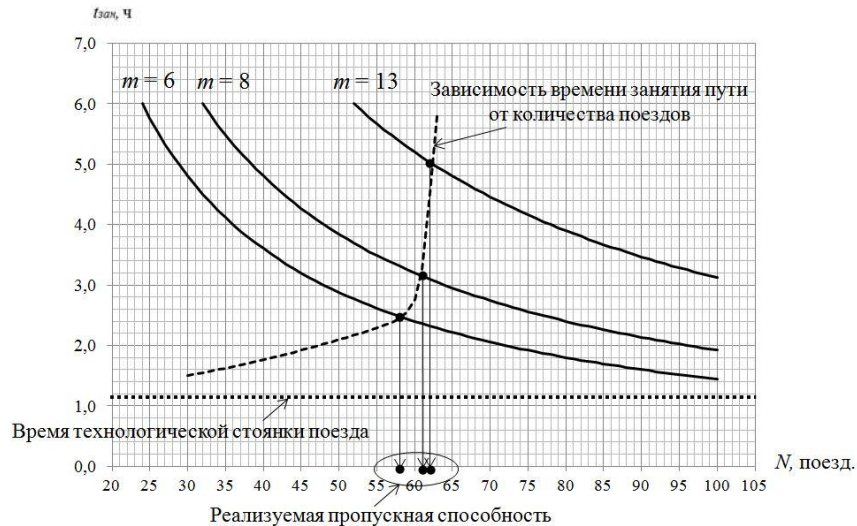


Рисунок 5. Зависимость времени занятия пути от количества поездов по итогам работы в период с 2008 по 2012 гг., наложенная на номограмму вычисления пропускной способности станции Карымская.

Разработанная динамическая математическая модель, связывающая основные показатели потока поездов, параметры графика движения при их следовании к станции, число ПОП и время занятости этих путей под технической обработкой поездов, представленная в данной работе в виде соотношений (5) – (10), позволяет это объяснить и количественно оценить.

В четвертой главе рассмотрены вопросы рационального соотношения путевого развития станции смены локомотивов и технико-технологического оснащения пунктов технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ). Расчеты показывают, что дисбаланс в данных параметрах приводит к нестабильному пропуску поездов через станцию. Поэтому для исключения потерь в стоянке поездов на станции и их задержек на подходах к станции из-за простоя локомотивов в ожидании проведения ТО-2 необходимо увеличивать количество стоек или сокращать нормативное время на проведение цикловых операций технического обслуживания локомотивов за счет увеличения штата ПТОЛ.

С учетом систематического дефицита локомотивов для вывоза четных

поездов и неравномерностью их подхода на станцию Карымская рассмотрено влияние особенностей технического и технологического оснащения процесса проведения ТО-2 локомотивам на работу станции. На основании анализа статистического распределения значений элемента времени оборота локомотива «от КП до ТО-2» (от контрольного поста до захода в корпус Пункта технического обслуживания локомотивов (ПТОЛ)) на станции Карымская по итогам 2012 г. определено, что 77,1% электровозов всех серий более 30 минут ожидали постановки на стойло для проведения ТО-2, при этом у 41,2% локомотивов задержка составляла более часа.

Проведенная реконструкция станции Карымская в период с 2009 по 2011 гг. позволяет принимать за один час с 10-минутным интервалом 6 чётных и 6 нечётных поездов, то есть в узел за один час может поступить 12 локомотивов без учета электровозов, прибывающих в сплотках. ПТОЛ может пропустить за час при существующем путевом развитии, принятых технологиях и штате по техническому обслуживанию 7 локомотивов. То есть при наличии свободных путей за один час в узел может поступить 12 локомотивов, из них только 7 переработают корпуса ПТОЛ, а 5 будут стоять в ожидании освобождения стойл, увеличивая элемент оборота локомотива «от КП до ТО-2». Для станции Карымская в настоящий момент на уровне центрального аппарата ОАО «РЖД» с учетом выполненного анализа принято решение о строительстве дополнительного корпуса ПТОЛ, который позволит снизить существующие потери в обороте локомотива на станции, а также освоить перспективные объемы перевозок.

В пятой главе рассмотрено влияние полигонной технологии на использование локомотивного парка и продвижение поездопотока. Под полигонной технологией понимается такая технология, которая обеспечивает стабильное продвижение поездопотоков на основе сбалансированных единых ключевых показателей и взаимоувязанных процессов по управлению вагонопотоками, тяговыми ресурсами и ремонтными работами на инфраструктуре нескольких участков железных дорог, объединенных в полигон. В работе рассмотрен один из ее элементов – это процесс управления тяговыми ресурсами.

Для оценки влияния данного процесса на рисунке 6 приведена условная схема полигона, на которой обозначены 2 кольца обращения локомотивов.

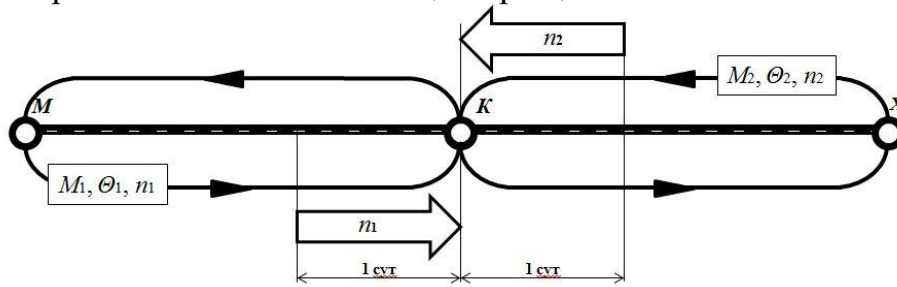


Рисунок 6. Условная схема обращения локомотивов

На первом кольце (МК) обращается парк локомотивов M_1 , время оборота составляет Θ_1 . Данный парк локомотивов и оборот обеспечивают суточные размеры движения n_1 , соответственно на кольце КХ: M_2, Θ_2, n_2 . Для стабильного пропуска поездов должно выполняться условие $n_1 = n_2$, при этом потребный парк будет зависеть от оборота локомотивов на соответствующих кольцах (Θ). В случае увеличения времени оборота на одном из участков этот баланс нарушается, то есть $n_1 > n_2$ или наоборот. Вследствие этого не обеспечивается вывоз поездов со станции смены локомотивов К, так как уменьшается поступление локомотивов с участка с увеличенным оборотом локомотива. Из-за этого происходит скопление поездов на подходах к станции К и, соответственно, увеличение оборота локомотива на смежном участке.

Рассмотрим поездные ситуации на условном полигоне, при котором Θ_2 увеличено на одни сутки по четырем вариантам принятия диспетчерским аппаратом управленческих решений:

- со станции К обеспечивается вывоз поездов участка МК только локомотивами участка КХ;

- со станции К обеспечивается вывоз поездов участка МК только локомотивами участка КХ. Поезда, которые не обеспечены локомотивами, отставляются от движения на подходах к станции К;

- для обеспечения вывоза поездов с участка МК используются локомотивы участка МК, пропуская их на незакрепленный перегон;

- для обеспечения вывоза поездов используется резервный парк

ЛОКОМОТИВОВ.

Рассмотрение результатов реализации данных вариантов с помощью моделирования развития ситуации в течение трех суток, с фиксацией в каждом сутках показателей работы направления МХ: суточной маршрутной скорости грузовых поездов, суточного пробега локомотивов, размеров парка локомотивов. Графики изменения показателей работы направления по всем вариантам представлены на рисунке 7.

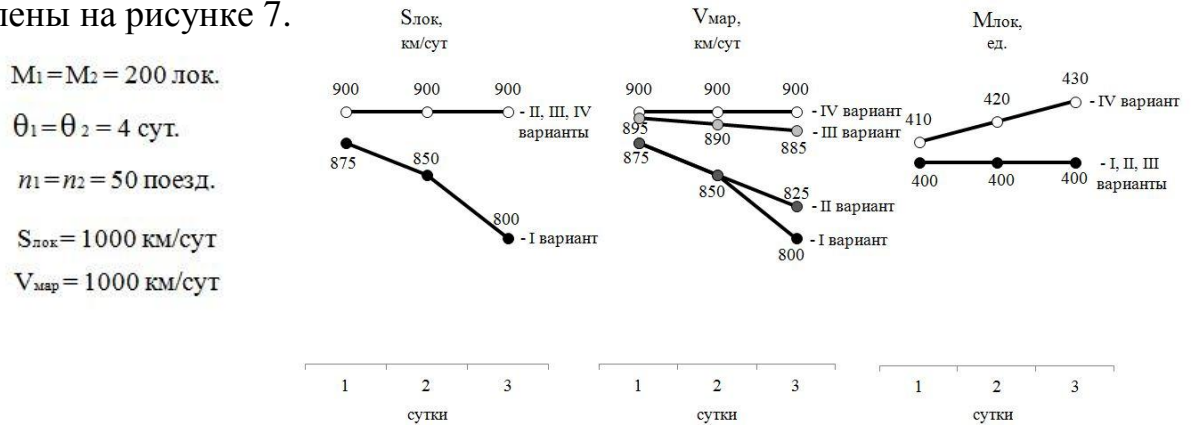


Рисунок 7. Выполнение показателей работы направления в зависимости от вариантов принятых решений при установленных параметрах M_1 , θ_1 , n_1 , M_2 , θ_2 , n_2 .

Развитие поездной ситуации в каждом варианте приводит к изменению показателей работы направления МХ. Парк локомотивов остается неизменным в первых трех вариантах, в четвертом увеличивается на 10 единиц за счет резервного парка. Пробег локомотива худший в первом варианте и к концу рассматриваемого периода меньше на 100 км/сут, чем в остальных вариантах. Что касается маршрутной скорости, то наиболее приемлемые третий и четвертый варианты, которые обеспечивают наилучший результат

В шестой главе рассмотрены методические подходы к оценке экономической эффективности мероприятий по гармонизации размеров поездопотока и реальной пропускной способности направлений с учетом двух параметров: потерь поездочасов, которые показывают уровень отклонения фактического пропуска грузовых поездов от нормативного графика движения, и укрупненной единичной расходной ставки стоимости одного поездочаса, которая позволяет потери поездочасов перевести в связанные с этим дополнительные расходы.

По результатам анализа исходных параметров принята зависимость между потерями поездоочасов, приходящимися на один поезд, и размерами движения для периода 2009-2012 гг. следующего вида:

$$P_{св гр}^I = 0,0023 \cdot e^{0,1454n}, \quad (11)$$

Расчеты показывают, что при увеличении размеров движения с 50 до 60 поездов (на 20%) потери поездоочасов, приходящиеся на один поезд, увеличиваются с 3,3 до 14,1 поездоочаса (в 4,3 раза), что связано с уменьшением межпоездных интервалов при увеличении размеров движения, ростом времени занятости приемоотправочных путей, дефицитом локомотивов и объяснено в главах 2, 3.

По результатам анализа исходных параметров для периода 2013-2015 гг. получена зависимость между потерями поездоочасов и размерами движения следующего вида:

$$P_{св гр}^{II} = 0,0119 \cdot e^{0,1109n} \quad (12)$$

Эффективность мероприятий можно оценить разницей значений двух функций (11) и (12): $\Delta P_{св гр}^I = P_{св гр}^{I} - P_{св гр}^{II}$ (13)

При значениях $\Delta P_{св гр}^I > 0$ – внедряемые мероприятия приносят положительный эффект по сокращению потерь поездоочасов, при $\Delta P_{св гр}^I \leq 0$ – положительного эффекта нет. Для сравнения на рисунке 8 приведены обе зависимости.

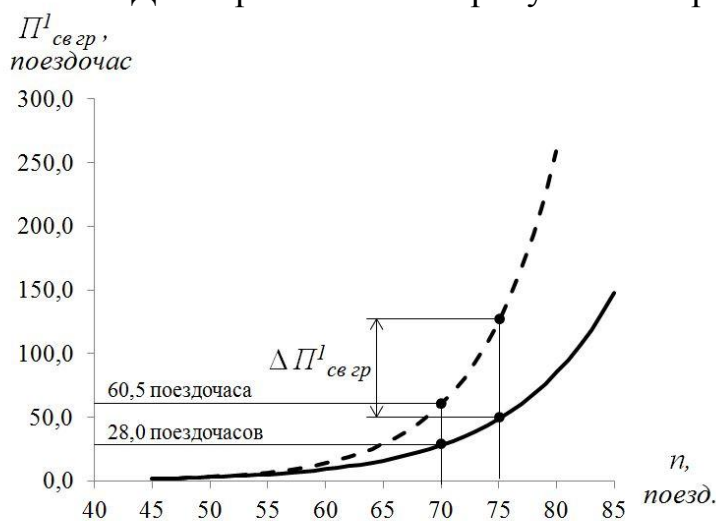


Рисунок 8. Зависимость потерь поездоочасов от размеров движения
 - - - - - I период (с 2009 по 2012 гг.); — II период (с 2013 по 2015 гг.).

Штриховой линией показана зависимость (11), характерная для I периода,

сплошной линией - зависимость (12) II периода. В период с 2009 по 2012 гг. при увеличении размеров движения до 70 поездов среднесуточные потери при пропуске одного поезда составили 60,5 поезdochаса. Проведенные на дороге мероприятия позволяют пропускать аналогичное количество поездов с сокращением потерь практически в два раза (28,0 поезdochасов), то есть по полученным положительным значениям параметра $\Delta \Pi_{св\ гр}^I$ можно сделать вывод, что внедряемые мероприятия по стабилизации перевозочного процесса в период с 2013 по 2015 гг. были эффективны и привели к сокращению потерь.

Годовая экономическая оценка эффективности внедряемых мероприятий за счет экономии затрат, приходящихся на одну пару поездов, определяется соотношением:

$$\Delta \mathcal{E}_{ном\ год} = \Delta \Pi_{св\ гр}^I \cdot e_{нч} \cdot n \cdot 365, \quad (14)$$

где $e_{нч}$ – укрупненная единичная расходная ставка стоимости одного поезdochаса, руб.

Проведем расчеты годовой экономии затрат для размеров движения грузовых поездов в пределах [55;75] и сведем в таблицу 2.

Таблица 2.

Годовая экономия затрат $\Delta \mathcal{E}_{ном\ год}$ при различных параметрах n .

n , поезд.	55	60	65	70	75
$\Delta \mathcal{E}_{ном\ год}$, млн. руб.	89,63	313,19	911,12	2422,19	6100,77

По результатам проведённых исследований зависимостей экономических потерь от количества поездов, пропускаемых по дороге, можно сделать выводы, что проводимая работа по стабилизации перевозочного процесса в границах Забайкальской дороги, в том числе за счет апробации методов, разработанных в ходе данного диссертационного исследования, привела к положительным результатам. Так годовой экономический эффект от сокращения потерь при пропуске 65 грузовых поездов составляет порядка 911 млн. рублей, 70 грузовых поездов – уже 2 млрд. 422 млн. рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения исследований по теме диссертационной работы получены следующие научные результаты:

1. Разработана методика, позволяющая определять участки грузонапряженных линий, на которых замедляется продвижение грузовых поездопотоков. Методика основывается на статистическом анализе изменений участковых скоростей движения грузовых поездов в течение представленных временных отрезков на всех участках линии между техническими станциями. Применение методики на Забайкальской железной дороге позволило установить и ранжировать участки с затрудненным пропуском грузовых поездов.

2. Систематизированы факторы, определяющие стабильность поездной работы, на основе исследования процессов взаимодействия железнодорожных станций и направлений крупного грузонапряженного полигона железнодорожной сети. Установлены основные факторы, влияющие на стабильное продвижение поездопотока на грузонапряженных линиях: размеры движения, баланс локомотивов на станции смены локомотивов, фактор «сезонности» - зима, лето.

3. Установлено, что пропускная способность технической станции, технологией работы которой предусмотрена смена локомотивов у грузовых поездов, зависит от обеспечения вывоза поездов рассматриваемого направления локомотивами, прибывающими на станцию с поездами или резервом с другого направления. Снижение пропускной способности станции происходит из-за увеличения времени занятости приемоотправочных путей, существенно превышающим нормативы, что связано с ожиданием составами локомотивов.

4. На основе статистического анализа получено устойчивое соотношение между размерами движения и суточным балансом числа локомотивов на станции их смены. Установлено, что для беспрепятственного пропуска четного потока поездов от 55 до 70 поездов в среднем в сутки через станцию смены локомотивов требуется 8 резервных локомотивов.

5. Разработана математическая модель, позволяющая оценивать участковую скорость движения поездов на участке, прилегающем к ограничивающей по пропускной способности станции, в зависимости от размеров движения грузового потока поездов, количества приемоотправочных путей и времени их занятия транзитными поездами, величин межпоездных интервалов при

пропуске грузовых поездов. С помощью предлагаемой модели могут решаться задачи: гармоничного выбора определенного соотношения между названными параметрами для устойчивой реализации установленного значения участковой скорости; определения параметра, отклонения которого от нормы в наибольшей степени влияют на уменьшение участковой скорости. Аналитическая оценка максимальной пропускной способности станции Карымская в четном направлении с использованием экспериментального параметра – времени занятия приемоотправочных путей достаточно точно согласуется со статистически определенной величиной.

6. С учетом существенного влияния времени ожидания готовыми составами локомотивов на общее время занятости приемоотправочных путей оценено влияние продолжительности обслуживания локомотивов, прибывающих с восточного участка, на пунктах технического обслуживания (ПТОЛ) с учетом их технического и технологического оснащения. На примере станции Карымская, установлена целесообразность увеличения числа стойл для текущего обслуживания локомотивов на данной станции и рациональное их количество.

7. Оценен ряд управленческих решений важных при реализации ключевого элемента полигонной технологии – процесса управления тяговыми ресурсами с выбором из них наиболее эффективных в зависимости от конкретно решаемых задач и ресурсного обеспечения пропуска поездопотоков. На этой основе выработаны рекомендации для Центра управления тяговыми ресурсами Восточного полигона сети по управлению локомотивным парком.

8. Выполнена экономическая оценка мероприятий, направленных на повышение участковой скорости, основанная на сравнении реализованных на участке поездочасов с поездочасами, предусмотренными нормативным графиком движения поездов. Получена зависимость дополнительных затрат поездочасов от размеров движения и степень эффективности принимаемых мер по стабилизации перевозочного процесса. Полученные в работе соотношения могут быть использованы при оценке экономической эффективности организационно-технологических мероприятий и инвестиционных проектов.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах автора:

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки РФ:

1. Мугинштейн, Л.А. Методические подходы к выявлению факторов, влияющих на стабильность пропуска поездопотоков [Текст] / Л.А. Мугинштейн, М.И. Мехедов // Вестник ВНИИЖТ. – 2014. – № 2. – С. 24-32.

2. Мехедов, М.И. О проблемах организации движения и эффективности использования пропускных способностей станции [Текст] / М.И. Мехедов, Л.А. Мугинштейн // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 7. – С. 20-27.

3. Мугинштейн, Л.А. Вопросы организации стабильного пропуска транзитных грузовых поездов на направлениях железных дорог с учетом технических и технологических особенностей работы технических станций и перегонов [Текст] / Л.А. Мугинштейн, М.И. Мехедов // Вестник ВНИИЖТ. – 2016. – № 1. – С. 3-11.

Публикации в других изданиях:

1. Мехедов, М.И. Повышение эффективности управления и использование локомотивного парка в условиях насыщения пропускных способностей [Текст] / М.И. Мехедов // Проблемы проектирования и строительства железных дорог: сборник научных трудов под ред. В.С. Шварцфельда. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2011. – С. 137-149.

2. Мехедов, М.И. Технология как искусство мыслить [Текст] / М.И. Мехедов // Курсом модернизации. – 2012. – № 8. – С. 15-17.

3. Мехедов, М.И. Особенности работы станций смены локомотивов на примере станции Карымская Забайкальской железной дороги [Текст] / Мехедов М.И. // Организация безопасности на транспорте: межвузовский сборник научно-методических трудов, отв. ред. Л.В. Виноградова. – Чита: Изд-во ЗаБИЖТ, 2015. – С. 112-126.