



АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Оригинальная статья

УДК 656.225.073:629.46.013

DOI: 10.21780/2223-9731-2023-82-1-80-88

EDN: <https://elibrary.ru/omxdiq>



**ЗАВИСИМОСТЬ УЧАСТКОВОЙ СКОРОСТИ ОТ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТРАНЗИТНЫХ  
ПОЕЗДОВ ЛОКОМОТИВАМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ УЧАСТКЕ  
КОШТА — БАБАЕВО**

**М. И. Мехедов<sup>1</sup>, Н. В. Корниенко<sup>1</sup>✉, А. С. Ададунов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ),  
Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>ВНИИЖТ-ИНЖИНИРИНГ,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

**АННОТАЦИЯ**

**Введение.** В современных условиях работа железнодорожного транспорта по обеспечению устойчивого пропуска поездопотоков остается актуальной, и в первую очередь на грузонапряженных направлениях сети ОАО «РЖД». Важной составляющей решения этой проблемы является развитие полигонных технологий, в основе которых лежит гармонизация использования инфраструктуры, локомотивного и вагонного парков. Это требует ликвидации «барьерных мест», что в дальнейшем обеспечит рост участковой скорости на протяженных направлениях железных дорог.

**Материалы и методы.** Поскольку участковая скорость является важным качественным показателем, позволяющим определить железнодорожные участки и направления, имеющие затруднения в организации стабильного пропуска поездопотоков, в работе был использован метод участковых скоростей, посредством которого можно установить участки возникновения «барьерных мест» и причины их появления.

**Результаты.** Рассматриваются результаты эксплуатационной работы двухпутного грузонапряженного направления Кошта — Волховстрой-I Октябрьской железной дороги, особенностью которого является стыкование участков с электрической тягой постоянного (железнодорожный участок Волховстрой-I — Бабаево) и переменного (железнодорожный участок Кошта — Бабаево) тока. На станции стыкования оценено влияние обеспечения грузовых поездов локомотивами на участковую скорость продвижения груженых поездопотоков к портам Северо-Запада, определено «барьерное место» и выполнен анализ показателей перевозочного процесса на рассматриваемом направлении. Предложен новый метод резервирования локомотивного парка на станциях стыкования железнодорожных участков постоянного и переменного тока, позволяющий определять необходимый технологический резерв локомотивов в зависимости от установленного норматива участковой скорости с учетом всех оперативных изменений в организации перевозочного процесса и с полной компенсацией дефицита локомотивов.

**Обсуждение и заключение.** Установлено, что «барьерное место» затрудняет устойчивое продвижение груженого поездопотока. На исследуемом направлении это связано с инфраструктурными ограничениями тягового электропитания. Рассмотрены варианты усиления системы тягового электроснабжения за счет гармонизации локомотивных парков переменного и постоянного тока. Предложены мероприятия по устранению «барьерного места», позволяющие добиться значительных технологических эффектов в работе железнодорожного направления.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** железнодорожные перевозки, полигонные технологии, транзитный поездопоток, грузонапряженное направление, метод участковых скоростей, гармонизация локомотивного парка, баланс локомотивов, участковая скорость

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Мехедов М. И., Корниенко Н. В., Ададунов А. С. Зависимость участковой скорости от обеспеченности транзитных поездов локомотивами на железнодорожном участке Кошта — Бабаево // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2023. Т. 82, № 1. С. 80–88. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2023-82-1-80-88>.

✉ [korniyenko.natalia@vniizht.ru](mailto:korniyenko.natalia@vniizht.ru) (Н. В. Корниенко)

© Мехедов М. И., Корниенко Н. В.,  
Ададунов А. С., 2023



AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN RAILWAY TRANSPORT

Original article

UDK 656.225.073:629.46.013

DOI: 10.21780/2223-9731-2023-82-1-80-88

EDN: <https://elibrary.ru/omxdid>



## DEPENDENCE OF THE SERVICE SPEED ON THE PROVISION OF TRANSIT TRAINS WITH LOCOMOTIVES ON THE KOSHТА — BABAYEVO RAILWAY SECTION

Mikhail I. Mekhedov<sup>1</sup>, Natalya V. Kornienko<sup>1</sup>✉, Aleksandr S. Adadurov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Railway Research Institute,  
Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>VNIIZhT-ENGINEERING,  
St. Petersburg, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** Today, ensuring stable train traffic remains relevant, particularly on the heavy traffic lines of the Russian Railways network. Solutions to this problem largely involve the development of polygon technologies based on harmonised use of the infrastructure, locomotive and car fleets. This requires the elimination of bottlenecks, which in the future would help increase service speed on long railway lines.

**Materials and methods.** Since service speed is an important quality indicator that identifies rail sections and lines with traffic obstruction, the authors applied the service speed method, in order to identify bottleneck sections and their causes.

**Results.** The authors consider the operating results of the double-track heavy traffic line of Koshta — Volkhovstroy-I of the Oktyabrskaya Railway, which joins sections with DC (Volkhovstroy-I — Babayevo) and AC (Koshta — Babayevo) electric traction. At the docking station, the authors assessed the impact of providing freight trains with locomotives on the service speed of loaded train traffic to the ports of the North-West, identified the bottleneck and analysed the transportation performance on the line under consideration. The authors propose a new method for reserving the locomotive fleet at docking stations of DC and AC railway sections, which enables to determine the necessary technological reserve of locomotives depending on the established service speed standard, given all operational changes in the organisation of transportation with full shortage compensation of locomotives.

**Discussion and conclusion.** The authors found that the bottleneck interferes with the steady traffic of loaded trains. In the area under study, this is due to infrastructural limitations of traction power supply. The authors consider options for strengthening the traction power supply system by harmonising AC and DC locomotive fleets. The proposed steps to eliminate the bottleneck would help achieve significant technological effects in the railway line operation.

**KEYWORDS:** railway transportation, polygon technologies, transit train traffic, heavy traffic line, service speed method, locomotive fleet harmonisation, balance of locomotives, service speed

**FOR CITATION:** Mekhedov M. I., Kornienko N. V., Adadurov A. S. Dependence of the service speed on the provision of transit trains with locomotives on the Koshta — Babayevo railway section. *Russian Railway Science Journal*. 2023;82(1):80-88. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2023-82-1-80-88>.

✉ [kornienko.natalia@vniizht.ru](mailto:kornienko.natalia@vniizht.ru) (N. V. Kornienko)

© Mekhedov M. I., Kornienko N. V.,  
Adadurov A. S., 2023

**Введение.** Одним из важнейших качественных показателей работы железнодорожного транспорта является участковая скорость. Согласно [1] «участковая скорость — средняя скорость движения поездов в пределах участка с учетом времени стоянок на промежуточных станциях, на разгоны, замедления и задержки на перегонах». Участковая скорость является одним из важнейших технико-экономических показателей [2].

С учетом этого фактора в течение длительного времени статистика значений участковой скорости по участкам и направлениям железных дорог использовалась для подтверждения стабильности пропуска поездопотоков. В случае снижения статистических показателей применялись меры общего характера по улучшению технологической дисциплины.

В 1980-е гг. на основных направлениях сети железных дорог (Кузбасс — Северо-Запад, Кузбасс — Новороссийск, Кузбасс — Дальний Восток) из-за резкого увеличения загруженности возникли значительные затруднения с пропуском поездопотоков, сопровождающиеся существенным снижением участковой скорости. Каждый процент прироста заполнения пропускной способности мог вызвать снижение участковой скорости на 2,5–3 % [3]. Влияние заполнения пропускной способности на величину участковой скорости мы наблюдаем и в современных условиях. Так, на Забайкальской железной дороге с 2008 по 2012 г. участковая скорость снизилась на 17 % (на 7,2 км/ч) до 35,2 км/ч [4].

В работе [5] впервые посредством факторного анализа было установлено, что основной причиной этих затруднений является стабильный дефицит локомотивов грузового движения четного направления Восточного полигона дороги и, как следствие, затруднение пропуска поездов через станцию Карымская (станция смены локомотивов). Минимальные значения участковой скорости на направлении от станции Чита к станции Карымская достигали 14 км/ч в те периоды, когда время ожидания локомотива на приемоотправочных путях станции Карымская превышало нормативные значения в несколько раз. С учетом результатов анализа построенных корреляционных зависимостей были приняты необходимые меры по устранению «барьерного места» на рассматриваемом участке Забайкальской железной дороги.

Установлено, что с помощью анализа качественных показателей перевозочного процесса возможно получить статистические регрессионные зависимости участковой скорости от показателей эксплуатационной работы, определяющих возможности реализации установленной участковой скорости движения поездов и влияющих на временные задержки поездов между техническими станциями. Данные зависимости позволяют достаточно уверенно устанавливать

причины возникающих затруднений при организации движения поездов. Этот подход позволяет гармонизировать организацию движения поездов по участкам железных дорог и пропуск транзитных поездов по приемоотправочным путям технических станций.

Сравнение фактических значений участковой скорости со значениями, установленными нормативным графиком, суточным прогнозным графиком или предыдущим периодом, позволяет определить участки с наибольшими отклонениями, которые будут являться предметом исследований с выявлением негативных факторов влияния. Такой подход определен авторами как метод участковых скоростей (МУС) — метод выявления регрессионных зависимостей участковых скоростей от показателей эксплуатационной работы, позволяющий определять степень их влияния на устойчивое продвижение поездопотоков на грузонапряженных железнодорожных направлениях и заключающийся в анализе статистических данных участковой скорости для выявления причин затруднений пропуска поездопотоков и выработки мер по их преодолению [6].

Скорость движения поездов отражает уровень технической вооруженности железных дорог и качество организации движения поездопотоков. С увеличением скорости движения поездов сокращаются сроки доставки грузов, улучшается использование вагонов и локомотивов. Современные требования к качеству выполнения перевозок и повышение их доходности в значительной мере зависят от разработки и внедрения систем, функционирование которых влияет на улучшение работы железнодорожного транспорта. Одна из них — система управления эксплуатацией локомотивов.

Локомотивный парк является связующим звеном, объединяющим перегоны и станции [7], но этот факт в нужной мере не учитывается.

Цель исследования — разработка метода резервирования локомотивного парка по станции Бабаево путем построения на основе МУС зависимости участковой скорости от баланса локомотивов, позволяющего определять необходимый технологический резерв локомотивов постоянного тока на основе установленного норматива участковой скорости с учетом всех оперативных изменений в организации перевозочного процесса с возможностью полной компенсации дефицита локомотивов.

**Характеристика объекта исследования.** В качестве объекта исследования выбрано двухпутное направление в границах Октябрьской железной дороги Кошта — Волховстрой-I протяженностью 344 км, которое относится к категории особогрузонапряженных железнодорожных линий и входит в состав Северо-Западного полигона сети ОАО «РЖД». Направление на протяжении нескольких лет работает в условиях

устойчивого роста объемов перевозок. Это связано с развитием российских участков основных международных коридоров «Запад — Восток» и «Север — Юг», рост грузооборота на которых планируется к 2030 г. на 22,2 и 62,1 % соответственно [8].

Особенностью работы выбранного для исследования железнодорожного направления является стыкование участков с электрической тягой постоянного (железнодорожный участок Волховстрой-I — Бабаево) и переменного (железнодорожный участок Кошта — Бабаево) тока. На рассматриваемом железнодорожном направлении станцией стыкования двух родов тока — электротяги постоянного тока (локомотивы серии 2ЭС4К, 3ЭС4К, ВЛ15, ВЛ10) и переменного тока (локомотивы серии 2ЭС5К, 1,5ВЛ80С, ВЛ80С) — является станция Бабаево (участковая внеклассная станция, на которой производится весь комплекс технологических операций с грузовыми поездами: смена локомотива и локомотивной бригады, технический и коммерческий осмотр составов, выполнение ТО-2 и т. д.).

Рассмотрим влияние обеспечения грузовых поездов локомотивами на участковую скорость по анализируемому направлению, применив МУС. Как показывает практика, значения участковой скорости в нормативных и исполненных графиках движения поездов имеют существенное различие, особенно на участках с интенсивным движением.

По итогам 2019 г. на направлении Кошта — Волховстрой-I (наиболее показательном по критерию «нестабильное продвижение поездопотока») определены такие параметры перевозочного процесса для грузовых поездов, как размеры движения, участковая скорость, баланс локомотивов. В статье предлагается рассмотреть влияние дефицита локомотивов постоянного тока по станции Бабаево для вывоза нечетного поездопотока (в связи с чем готовые к отправлению груженные поезда, следующие в направлении портов Северо-Запада, простаивают в ожидании поездного локомотива, что приводит к занятости приемоотправочных путей станции и отсутствию возможности принять следующие поезда с похода) на величину участковой скорости движения поездов на прилегающем к станции смене рода тока железнодорожном участке Кошта — Бабаево (без учета простоя поездов на станциях Кошта и Бабаево).

Одним из условий стабильной работы станции Бабаево является обеспечение нечетного потока поездов локомотивами постоянного тока, поскольку стабильный дефицит именно этого тягового ресурса затрудняет продвижение поездопотока в направлении портов Северо-Запада.

Стабильность обеспечивается при суточном наличии поездов под локомотивами переменного тока на подходах к станции Бабаево со стороны станции

Кошта ( $M_{\text{неч}}$ ) при равенстве суточного наличия поездов под локомотивами постоянного тока ( $M_{\text{чет}}$ ), подводимых со стороны станции Волховстрой-I.

Разница между этими показателями определяет избыток или недостаток локомотивов для вывоза потока поездов (рис. 1):

$$\Delta M = M_{\text{неч}} - M_{\text{чет}}$$

Поскольку на станции Бабаево происходит смена рода тяги, пропуск локомотивов прилегающих к станции участков на незакрепленные тяговые плечи не представляется возможным, применимы только варианты размена локомотивов либо (в случае дефицита тяговых ресурсов одного из видов тяги) содержание на станции резервного парка локомотивов.

При дефиците локомотивов для обеспечения вывоза поездов нечетного направления с железнодорожного участка Кошта — Бабаево, как правило, в первую очередь заполняются приемоотправочные пути станции Бабаево, а далее происходит заполнение емкостей железнодорожной инфраструктуры всего прилегающего участка, что затрудняет продвижение груженного поездопотока с установленной нормативным графиком участковой скоростью. Такая поездная обстановка негативно влияет на участковую скорость, значения которой намного ниже установленных нормативным графиком движения поездов.

**Исследование зависимости участковой скорости от обеспеченности транзитного поездопотока локомотивами.** Рассмотрим пошагово предлагаемый авторами метод резервирования локомотивного парка.

**Подготовка и анализ исходных данных.** В целях выявления зависимости участковой скорости от размеров груженного поездопотока в нечетном направлении к портам Северо-Запада (железнодорожный участок Кошта — Бабаево исследуемого направления) и баланса локомотивов по станции Бабаево был проанализирован период с 2015 по 2021 г. и установлено, что такой показатель, как участковая скорость, имел минимальные значения в 2019 г., на основании

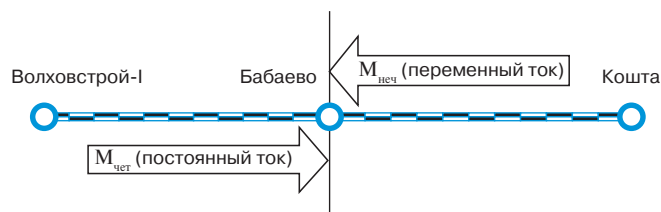


Рис. 1. Условная схема обеспечения грузовых поездов нечетного направления локомотивами постоянного тока  $M_{\text{чет}}$

Fig. 1. Diagram of provision of odd traffic route freight trains with DC locomotives  $M_{\text{чет}}$

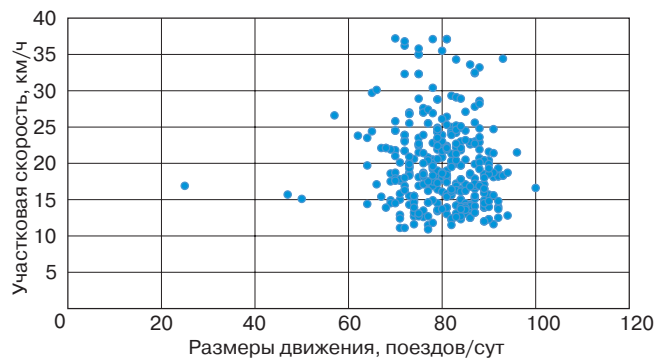


Рис. 2. Диаграмма рассеивания значений участковой скорости и фактических размеров движения на железнодорожном участке Кошта — Бабаево в нечетном направлении за 2019 г.

Fig. 2. Scatter plot of the service speed values on the actual size of odd traffic route on the Koshta — Babayevo railway section in 2019

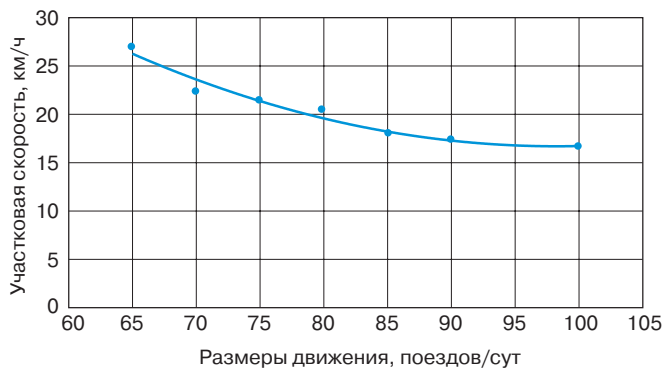


Рис. 3. Зависимость усредненных значений участковой скорости от фактических размеров движения на железнодорожном участке Кошта — Бабаево в нечетном направлении за 2019 г.

Fig. 3. Dependence of the average service speed values on the actual size of odd traffic route on the Koshta — Babayevo railway section in 2019

чего можно сделать вывод, что в этот временной интервал имели место значительные затруднения в пропуске груженых поездов нечетного направления. За 2019 г. посуточно получены статистические данные по участковой скорости и размерам движения согласно исполненным графикам движения поездов (данные получены из автоматизированной системы построения суточного энергосберегающего графика движения поездов — АПК ЭЛЬБРУС [9, 10]).

*Выявление зависимости изменения значений участковой скорости от фактических размеров движения на рассматриваемом железнодорожном участке в нечетном направлении.* После обработки статистических данных (рис. 2) можно увидеть, что участковая скорость на анализируемом участке в зависимости от размеров движения меняет свою величину от 27,1 до 16,6 км/ч, т. е. значение участковой скорости

в зависимости от условий продвижения груженого поездопотока и принимаемых оперативных решений в исследуемом периоде максимально снижалось на 38,7%. Достаточно низкие значения участковой скорости обусловлены тем, что на рассматриваемом железнодорожном направлении имеются трудности в пропуске поездопотоков: дефицит локомотивов постоянного тока, недостаточное путевое развитие станции Бабаево, влияние технологии работы портов и объема выгрузки в них и т. д. Все эти факторы сдерживают продвижение пропуска груженого поездопотока с установленной участковой скоростью и существенно влияют на ее фактическую величину.

На рисунке визуализируется «кучность» полученных значений при размерах движения в диапазоне от 65 до 100 поездов в сутки, в связи с чем наглядно оценить зависимость участковой скорости от размеров движения сложно. Поэтому для более предметного восприятия имеющейся зависимости исследуемый диапазон размеров движения был разделен на интервалы (величина каждого 5 поездов) и получены средние значения участковой скорости в каждом из них (рис. 3).

*Выявление зависимости величины участковой скорости от баланса локомотивов постоянного и переменного тока по станции Бабаево.* Рассмотрим более подробно влияние дефицита локомотивов постоянного тока по станции Бабаево для вывоза нечетного поездопотока, следующего в направлении портов Северо-Запада, на величину участковой скорости движения поездов на прилегающем к станции смене рода тока железнодорожном участке Кошта — Бабаево.

За 2019 г. посуточно получены статистические значения баланса локомотивов постоянного и переменного тока по станции Бабаево и участковой скорости. Массив данных значений участковой скорости в зависимости от баланса локомотивов на станции стыкования участков с электрической тягой постоянного и переменного тока представлен на рис. 4 (каждым суткам рассматриваемого периода соответствует определенная точка, показывающая фактическое значение участковой скорости в конкретные сутки на анализируемом железнодорожном участке при определенном значении технологического резерва локомотивов на станции Бабаево — отрицательном или положительном балансе локомотивов).

Анализируя представленные на рис. 3 данные, можно сделать вывод об имеющейся на рассматриваемом железнодорожном участке Кошта — Бабаево зависимости величины участковой скорости от баланса локомотивов постоянного и переменного тока по станции Бабаево.

Основной массив данных располагается в диапазоне значений от отрицательного баланса в количестве 25 ед. до положительного баланса в количестве 15 ед. Для более наглядного представления имеющейся

зависимости исследуемый диапазон данных (значений баланса локомотивов по станции Бабаево) разделен на интервалы (величина каждого — 5 локомотивов) и получены средние значения участковой скорости в каждом из них (рис. 5). Проанализировав эту зависимость, можно сделать вывод, что по мере увеличения технологического резерва поездных локомотивов на станции участковая скорость повышается и приближается к установленной нормативным графиком движения поездов, при снижении технологического резерва поездных локомотивов или его отсутствии значения участковой скорости намного ниже установленных нормативным графиком движения поездов.

**Метод резервирования локомотивного парка.** Необходимость наличия дополнительных локомотивов (резерва) для освоения заданных объемов перевозок ранее рассматривалась в [11,12].

Так, в [11] предлагается определять оптимальное количество локомотивов по минимуму приведенных годовых расходов, учитывающих как затраты на их приобретение и содержание, так и простои поездов и одиночные пробеги локомотивов (согласно приведенной в источнике формуле).

В [12] предложены способы определения баланса избытка и недостатка локомотивов посредством построения графиков прогнозного оборота локомотивов как по периодам текущего плана, так и на период сменного-суточного планирования поездной работы.

Однако предлагаемые выше способы определения технологического резерва локомотивов достаточно трудоемкие и не позволяют учитывать все оперативные изменения в организации перевозочного процесса с полной компенсацией дефицита локомотивов.

Авторами статьи предложен новый метод резервирования локомотивного парка, который может применяться на всей сети ОАО «РЖД» на станциях стыкования железнодорожных участков постоянного и переменного тока, позволяющий устанавливать технологический резерв локомотивного парка путем построения на основе МУС зависимости участковой скорости от баланса локомотивов. Такой метод позволяет согласно полученной зависимости определять рациональную величину технологического резерва локомотивов на станциях стыкования систем постоянного и переменного тока на основе установленного норматива участковой скорости с учетом всех оперативных изменений в организации перевозочного процесса с возможностью полной компенсации дефицита локомотивов (рис. 5). Например, согласно представленной зависимости при  $v_{уч} = 20$  км/ч необходим технологический резерв локомотивов в количестве 5 ед.

**Степень достоверности полученных результатов.** Для оценки диапазона полученных значений участковой

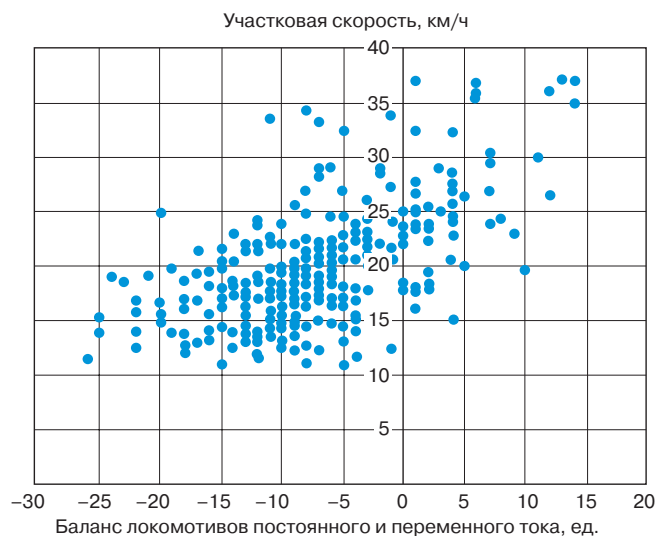


Рис. 4. Диаграмма рассеивания значений участковой скорости и баланса локомотивов постоянного и переменного тока по станции Бабаево на железнодорожном участке Кошта — Бабаево в нечетном направлении за 2019 г.

Fig. 4. Scatter plot of the service speed values on the balance of DC and AC locomotives at the Babayevo station on the Koshta — Babayevo railway section on odd traffic route in 2019

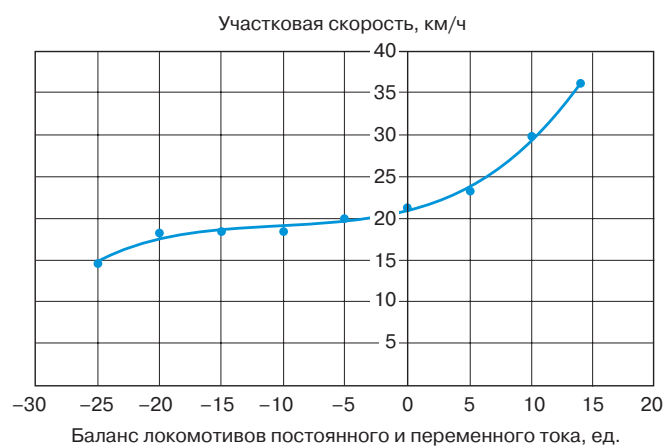


Рис. 5. Зависимость изменения значений участковой скорости от баланса локомотивов постоянного и переменного тока по станции Бабаево на железнодорожном участке Кошта — Бабаево в нечетном направлении за 2019 г.

Fig. 5. Dependence of the changes in the service speed values on the balance of DC and AC locomotives at the Babayevo station on the Koshta — Babayevo railway section on odd traffic route in 2019

скорости были определены доверительные интервалы с уровнем достоверности 95% (рис. 6 и 7), в которых находятся реальные средние значения всех статистических данных и согласно которым можно утверждать, что полученные выше зависимости достоверны.

Процесс управления поездной работой диспетчерского аппарата не всегда обеспечивает продвижение

поездов с рациональными показателями качества работы [13, 14]. Поэтому на грузонапряженных направлениях сети ОАО «РЖД» актуально решение задачи продвижения поездопотоков с установленной участковой скоростью за счет сбалансированного подвода локомотивов к станции смены рода тока и обеспечения их размена.

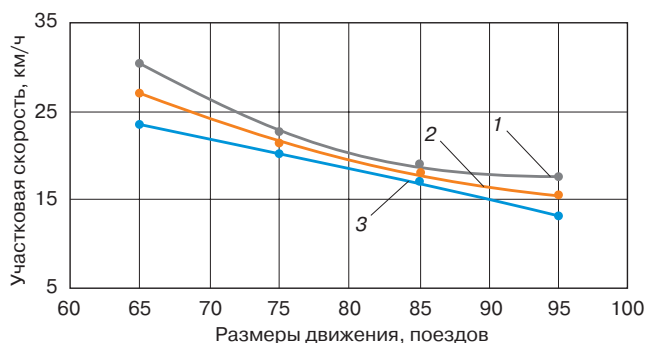


Рис. 6. Доверительные интервалы значений участковой скорости в зависимости от размеров движения:  
1 — верхняя граница доверительного интервала;  
2 — фактическая участковая скорость;  
3 — нижняя граница доверительного интервала

Fig. 6. Confidence intervals of the service speeds depending on the size of the movement:  
1 — upper limit of the confidence interval;  
2 — actual service speed;  
3 — lower limit of the confidence interval

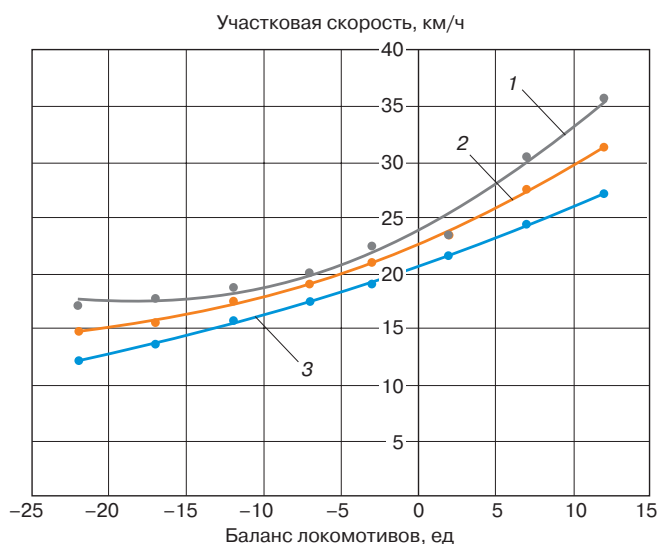


Рис. 7. Доверительные интервалы значений участковой скорости в зависимости от баланса локомотивов:  
1 — верхняя граница доверительного интервала;  
2 — фактическая участковая скорость;  
3 — нижняя граница доверительного интервала

Fig. 7. Confidence intervals of the service speeds depending on the balance of locomotives:  
1 — upper limit of the confidence interval;  
2 — actual service speed;  
3 — lower limit of the confidence interval

Известны возможные способы решения поставленной в статье проблемы за счет:

1. Снятия инфраструктурных ограничений по устройствам тягового электроснабжения путем перехода на единую контактную сеть переменного тока. Однако такой вариант является дорогостоящим, требующим значительных финансовых вложений [15, 16].

2. Перехода от значительного числа эксплуатируемых в данный момент серий и модификаций локомотивов к универсальному локомотивному парку. В рамках данного мероприятия по устранению «барьерного» места предлагается на направлении Кошта — Волховстрой-1 ввести в эксплуатацию магистральные грузовые электровозы двойного питания [17, 18].

3. Частичного перехода на электровозы двойного питания для ускоренного продвижения приоритетных грузеных поездопотоков (контейнерные, сдвоенные поезда и т. д.) [19].

4. Укладки дополнительных приемоотправочных путей для увеличения емкости станции [20, 21].

5. Создания станций отстоя на подходах к «барьерным» местам (станциям смены рода тока, междорожным стыкам, портам и т. д.) в целях стабилизации продвижения грузеного поездопотока, следующего в направлении портов Северо-Запада [22].

Выбор наиболее эффективного из предложенных вариантов требует выполнения трудоемких технико-экономических исследований применительно к конкретным условиям.

Предлагаемый метод резервирования локомотивного парка на основе МУС на станциях стыкования систем постоянного и переменного тока является наиболее рациональным по сравнению с перечисленными выше вариантами.

**Заключение.** Рассмотрены причины затруднений в эксплуатационной работе двухпутного грузонапряженного направления Кошта — Волховстрой-1 Октябрьской железной дороги, особенностью которого является стыкование участков с электрической тягой постоянного (железнодорожный участок Волховстрой-1 — Бабаево) и переменного (железнодорожный участок Кошта — Бабаево) тока, в связи с чем на этом направлении имеется стабильный дефицит локомотивов постоянного тока для продвижения грузеных поездопотоков нечетного направления.

Процесс управления поездной работой диспетчерским аппаратом не всегда обеспечивает продвижение поездов с рациональными показателями качества работы, и решение задачи продвижения поездопотоков с установленной нормативным графиком участковой скоростью за счет сбалансированного подвода локомотивов к станции смены рода тока и обеспечения их размена остается очень актуальным, в первую очередь на грузонапряженных направлениях сети ОАО «РЖД».

Предложен метод резервирования локомотивного парка, который может применяться на всей сети ОАО «РЖД» на станциях стыкования железнодорожных участков постоянного и переменного тока, позволяющий устанавливать технологический резерв локомотивного парка путем построения на основе МУС зависимостей участковой скорости от баланса локомотивов. Метод резервирования локомотивного парка позволяет определять необходимый технологический резерв локомотивов в зависимости от установленного норматива участковой скорости с учетом всех оперативных изменений в организации перевозочного процесса и с полной компенсацией дефицита локомотивов.

**Финансирование:** авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Funding:** the authors received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов и не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest and no financial interests in any material discussed in this article.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Основы эксплуатационной работы железных дорог: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В.А. Кудрявцев [и др.]; под ред. В.А. Кудрявцева. 2-е изд., стер. М.: Академия, 2005. 352 с. [Kudryavtsev V.A., Kovalev V.I., Kuznetsov A.P., Os'minin A.T., Badakh V.I., Belov K.A., et al. *Osnovy ekspluatatsionnoy raboty zheleznykh dorog: ucheb. posobie dlya stud. uchrezhdeniy sred. prof. obrazovaniya* [Foundations of railway operations: textbook for intermediate vocational training]. 2nd ed., ster. Moscow: Academia; 2005. 352 p. (In Russ.).]
2. Шенфельд К.П., Сотников Е.А. Развитие методов управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте в современных условиях. М.: Научный мир, 2015. 200 с. [Shenfeld K. P., Sotnikov E. A. *Razvitiye metodov upravleniya perevozhnym protsessom na zheleznodorozhnom transporte v sovremennykh usloviyakh* [Development of railway transportation management methods in modern conditions]. Moscow: Nauchnyy Mir; 2015. 200 p. (In Russ.).]
3. Мугинштейн Л.А., Шенфельд К.П. Развитие тяжеловесного движения грузовых поездов. М.: Интекст, 2011. 76 с. [Muginstein L. A., Shenfeld K. P. *Razvitiye tyazhelovesnogo dvizheniya gruzovykh poezdov* [Development of heavy haul freight trains]. Moscow: Intext; 2011. 76 p. (In Russ.).]
4. Мугинштейн Л.А., Мехедов М.И. Методические подходы к выявлению факторов, влияющих на стабильность пропуска поездопотоков // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2014. Т. 73, № 2. С. 24–32 [Muginstein L. A., Mekhedov M. I. Methodological approaches to revelation of factors influencing the stability of train flow handling. *Russian Railway Science Journal*. 2014;73(2):24-32. (In Russ.).]
5. Мугинштейн Л.А., Мехедов М.И. Вопросы организации стабильного пропуска транзитных грузовых поездов на направлениях железных дорог с учетом технических и технологических особенностей работы технических станций и перегонов // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспор-
- та (Вестник ВНИИЖТ). 2016. Т. 75, № 1. С. 3–11 [Muginstein L. A., Mekhedov M. I. Issues of organization of stable passage of transit freight trains on the railway lines in accordance with technical and technological features of operation of technical stations and running sections. *Russian Railway Science Journal*. 2016;75(1):3-11. (In Russ.).]
6. Метод участковых скоростей для диагностики перевозочного процесса сети железных дорог / С.А. Виноградов [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2022. № 4. С. 12–17 [Vinogradov S. A., Mekhedov M. I., Muginstein L. A., Fedulin V. G., Ustinov V. A., Kornienko N. V. Metod uchastkovykh skorostey dlya diagnostiki perevozhnogo protsessa seti zheleznykh dorog [Service speed method for diagnosing railway network transportation]. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2022;4:12-17. (In Russ.).]
7. Минаков А.Н. Исследование взаимосвязи параметров технического оснащения участков и численности локомотивов // Современные вопросы эксплуатации железных дорог / под общ. ред. Ф.П. Кочнева. М., 1976. С. 106–121. (Труды Московского института инженеров железнодорожного транспорта; вып. 537) [Minakov A. N. Issledovanie vzaimosvyazi parametrov tekhnicheskogo osnashcheniya uchastkov i chislennosti lokomotivov [Research of the relationship between the parameters of the technical equipment of sections and the number of locomotives]. In: Kochnev F. P. (ed.). *Sovremennyye voprosy ekspluatatsii zheleznykh dorog* [Contemporary issues of railway operation]. Moscow; 1976. P. 106–121. (Trudy Moskovskogo instituta inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta; vyp. 537 [Proceedings of the Moscow Rail Transport Engineering Institute; issue 537]). (In Russ.).]
8. Развитие интермодальных перевозок в условиях импортозамещения / С.А. Виноградов [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2022. № 7. С. 17–21 [Vinogradov S. A., Kirillov N. N., Mekhedov M. I., Shvedin K. I., Khomov A. V. Razvitiye intermodal'nykh perevozhok v usloviyakh importozameshcheniya [Development of intermodal transportation in the context of import substitution]. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2022;7:17-21. (In Russ.).]
9. Патент № 2297353 Российская Федерация, МПК B61L 27/100. Способ имитационного моделирования поездопотока по участку железной дороги: № 2005127976/11: заявл. 08.09.2005: опубл. 20.04.2007 / Мугинштейн Л.А. [и др.]. 11 с. [Muginstein L. A., Anfinogenov A. Yu., Kiryakin V. Yu., Peshko A. S., Vinogradova T. V., Vinogradov S. A. *Patent No. 2297353 Russian Federation, MPK B61L 27/100. Method of simulation of train flow along railway section: No. 2005127976/11: appl. 08.09.2005: publ. 20.04.2007*. 11 p. (In Russ.).]
10. Виноградов С.А. О ходе работы «Разработка системы построения прогнозных энергосберегающих графиков движения поездов на направлении Искилькуль—Инская Западно-Сибирской железной дороги» // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2012. № 3. С. 32–39 [Vinogradov S. A. O khode raboty «Razrabotka sistemy postroyeniya prognoznnykh energosberegayushchikh grafikov dvizheniya poezdov na napravlenii Isil'kul'—Inskaya Zapadno-Sibirskoy zheleznoy dorogi» [On the progress of the development of a system for constructing predictive energy-saving train schedules on the Isilkul—Inskaya line of the West Siberian Railway]. *Bulletin of Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*. 2012;3:32-39. (In Russ.).]
11. Айзинбуд С.Я., Кельперис П.И. Эксплуатация локомотивов. М.: Транспорт, 1980. 248 с. [Ayzinbud S. Ya., Kelperis P. I. *Ekspluatatsiya lokomotivov* [Locomotive operation]. Moscow: Transport; 1980. 248 p. (In Russ.).]
12. Некрашевич В.И., Апатцев В.И. Управление эксплуатацией локомотивов: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: РОАТ, 2009. 296 с. [Nekrashevich V. I., Apattsev V. I. *Upravleniye ekspluatatsiey lokomotivov: ucheb. posobie* [Locomotive operation management: Textbook]. 2nd ed., updated and revised. Moscow: ROAT; 2009. 296 p. (In Russ.).]
13. Фролов А.В. Автоматизированная система центра управления тяговыми ресурсами // Железнодорожный транспорт. 2016. № 7. С. 36–40 [Frolov A. V. Avtomatizirovannaya sistema tsentra upravleniya

tyagovymi resursami [Automated system of the traction resource control centre]. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2016;7:36-40. (In Russ.).

14. Шапкин И. Н., Вдовин А. Н. Автоматизированное управление локомотивным парком // Железнодорожный транспорт. 2021. № 3. С. 34–38 [Shapkin I. N., Vdovin A. N. Avtomatizirovanoe upravlenie lokomotivnym parkom [Automated locomotive fleet management]. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2021;3:34-38. (In Russ.)].

15. Автоведение и технологии беспилотного управления локомотивами: проекты Alstom в Нидерландах и Германии // Железные дороги мира. 2020. № 9. С. 65–69 [Avtovedenie i tekhnologii bespilotnogo upravleniya lokomotivami: proekty Alstom v Niderlandakh i Germanii [Autopilot and unmanned locomotive control technologies: the Alstom Projects in the Netherlands and Germany]. *Rail International (Russian edition)*. 2020;9:65-69. (In Russ.)].

16. Буракова А. В., Иванкова Л. Н. Правила размещения устройств на станциях при условии стыкования различных родов тока // Транспорт: наука, образование, производство: сб. тр. конф., Воронеж, 20 апреля 2020 г. / Ростовский государственный университет путей сообщения. Воронеж: Изд-во филиала РГУПС в г. Воронеже, 2020. С. 21–25 [Burakova A. V., Ivankova L. N. Pravila razmeshcheniya ustroystv na stantsiyakh pri uslovii stykovaniya razlichnykh rodov toka [Rules for placing devices at stations when docking different types of current]. In: *Transport: nauka, obrazovaniye, proizvodstvo: sb. tr. konf., Voronezh, 20 aprelya 2020 g.* [Transport: science, education, production: Proceedings of conference, Voronezh, 20 April 2020]. Voronezh: RGUPS Branch Publishing in Voronezh; 2020. P. 21–25. (In Russ.)].

17. Анализ научных подходов к повышению эффективности использования грузовых электровозов / А. В. Заручейский [и др.] // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». 2014. № 1. С. 37–42 [Zarucheykiy A. V., Murzin R. V., Kuchumov V. A., Nikiforova N. B. Analiz nauchnykh podkhodov k povysheniyu effektivnosti ispol'zovaniya gruzovykh elektrovozov [Analysis of scientific approaches to improving the efficiency of freight electric locomotives]. *Bulletin of Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*. 2014;1:37-42. (In Russ.)].

18. Лувишис А. Л. Новые локомотивы в Германии // Железнодорожный транспорт. 2017. № 12. С. 67–73 [Luvishis A. L. Novye lokomotivy v Germanii [New locomotives in Germany]. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2017;12:67-73. (In Russ.)].

19. Humphrey D. The fleet is a little older, not much larger, but more productive. *Railway Age*. 2019;220(5):37-38.

20. Шипулин Н. П. На основе комплексных сквозных технологий // Железнодорожный транспорт. 2012. № 6. С. 21–23 [Shipulin N. P. Na osnove kompleksnykh skvoznykh tekhnologiy [Based on comprehensive end-to-end technologies]. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2012;6:21-23. (In Russ.)].

21. Макарошкин А. М., Дьяков Ю. В. Использование и развитие пропускной способности железных дорог. М.: Транспорт, 1981. 287 с. [Makarochkin A. M., D'yakov Yu. V. *Ispol'zovanie i razvitiye propusknoy sposobnosti zheleznikh dorog* [Use and development of railway throughput capacity]. М.: Транспорт, 1981. 287 с. (In Russ.)].

22. Баженов А. А. Северный полигон // Железнодорожный транспорт. 2014. № 8. С. 13–15 [Bazhenov A. A. Severnyy poligon [The Northern Polygon]. *Zheleznodorozhnyy transport*. 2014;8:13-15. (In Russ.)].

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### Михаил Иванович МЕХЕДОВ,

канд. техн. наук, заместитель генерального директора, директор научного центра «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения», Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 1019989, <https://orcid.org/0000-0002-8174-214X>

### Наталья Владимировна КОРНИЕНКО,

ведущий технолог, научный центр «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения», Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ, 129626, г. Москва, ул. 3-я Мытищинская, д. 10), Author ID: 1080941, <https://orcid.org/0000-0002-1375-2071>

### Александр Сергеевич АДАДУРОВ,

канд. техн. наук, генеральный директор, ВНИИЖТ-ИНЖИНИРИНГ (197022, г. Санкт-Петербург, пр-т Медиков, д. 9, литера Б, помещ. 15-Н, офис № 122), Author ID: 540870, <https://orcid.org/0000-0002-9520-4596>

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

### Mikhail I. MEKHEDOV,

Cand. Sci. (Eng.), Deputy General Director, Director of the Digital Models of Transportation and Energy Saving Technologies Research Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 1019989, <https://orcid.org/0000-0002-8174-214X>

### Natalya V. KORNIENKO,

Leading Technologist, Digital Models of Transportation and Energy Saving Technologies Research Centre, Railway Research Institute (129626, Moscow, 10, 3rd Mytishchinskaya St.), Author ID: 1080941, <https://orcid.org/0000-0002-1375-2071>

### Aleksandr S. ADADUROV,

General Director, VNIIZhT-ENGINEERING (197022, St. Petersburg, 9, lit. B, Area 15-N, Office 122, Medikov Ave.), Author ID: 540870, <https://orcid.org/0000-0002-9520-4596>

## ВКЛАД АВТОРОВ

Михаил Иванович МЕХЕДОВ. Формирование направления исследовательской деятельности (20%).

Наталья Владимировна КОРНИЕНКО. Формулировка цели, новизны, методологии исследования, подготовка и анализ исходных данных, описание материалов, выводы (70%).

Александр Сергеевич АДАДУРОВ. Сбор исходных данных (10%).

## CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Mikhail I. MEKHEDOV. Formation of line of research (20%).

Natalya V. KORNIENKO. Setting the goal, novelty, research methodology, preparation and analysis of initial data, description of materials, conclusions (70%).

Aleksandr S. ADADUROV. Collection of initial data (10%).

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The authors have read and approved the final manuscript.

Статья поступила в редакцию 06.12.2022, рецензия от первого рецензента получена 12.12.2022, рецензия от второго рецензента получена 20.12.2022, принята к публикации 27.12.2022.

The article was submitted 06.12.2022, first review received 12.12.2022, second review received 20.12.2022, accepted for publication 27.12.2022.