



АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Научная статья

УДК 656.222.6

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-1-63-70



## ВЫБОР СИСТЕМЫ ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗРАСТАЮЩИХ ПОТРЕБНОСТЕЙ ОСВОЕНИЯ ПРОГНОЗИРУЕМЫХ ОБЪЕМОВ ПЕРЕВОЗОК

Н. В. Корниенко, М. И. Мехедов

Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ВНИИЖТ),  
Москва, Российская Федерация

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Рассмотрены недостатки существующей методики расчета наличной пропускной способности однопутной железнодорожной линии аналитическим методом посредством ее определения по лимитирующему перегону. Применяемая сегодня методика расчета не учитывает в полной мере все факторы, влияющие на организацию перевозочного процесса. Данный метод предполагает, что все поезда или пары поездов занимают пропускную способность участка равномерно, что не соответствует реальной ситуации. Железнодорожные участки должны иметь некоторый резерв, способный обеспечить перевозки при возможных скачках фактически предъявляемых объемов перевозок.

**Материалы и методы.** Предложен новый подход к определению пропускной способности в целом по участку посредством имитационного моделирования через построение вариантных графиков движения поездов и с учетом различных факторов, влияющих на пропускную способность. Выполнен сравнительный анализ показателей перевозочного процесса при использовании двух вариантов системы интервального регулирования движения — с автоматической и полуавтоматической блокировкой в условиях неравномерности движения.

**Результаты.** Проведенное имитационное моделирование показало, что применение полуавтоматической блокировки в качестве системы интервального регулирования движения поездов не сможет обеспечить пропуск плановых объемов поездопотока через однопутный участок проектируемой железнодорожной линии в сложных климатических условиях.

**Обсуждение и заключение.** Более целесообразно применение автоматической блокировки, поскольку этот вариант системы интервального регулирования движения позволит обеспечить не только требуемую пропускную способность, но и возможность диагностики состояния целостности рельсовой нити, что в условиях низких температур является немаловажным вопросом в области обеспечения безопасности движения поездов.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** железнодорожная линия, пропускная способность, график движения поездов, участковая скорость, полигонная технология, имитационное моделирование, система интервального регулирования, блокировка

**Благодарности:** авторы выражают благодарность рецензентам за полезные замечания и советы, способствовавшие улучшению статьи.

**Для цитирования:** Корниенко Н. В., Мехедов М. И. Выбор системы интервального регулирования движения поездов в условиях возрастающих потребностей освоения прогнозируемых объемов перевозок // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2022. Т. 81, № 1. С. 63–70. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-1-63-70>.



AUTOMATION AND CONTROL OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN RAILWAY TRANSPORT

Original article

UDK 656.222.6

DOI: 10.21780/2223-9731-2022-81-1-63-70



## CHOICE OF THE INTERVAL TRAFFIC CONTROL SYSTEM IN TERMS OF INCREASING DEMANDS FOR THE COVERAGE OF FORECAST TRAFFIC VOLUMES

**Natal'ya V. Kornienko, Mikhail I. Mekhedov**

Railway Research Institute (VNIIZhT),  
Moscow, Russian Federation

### ABSTRACT

**Introduction.** The authors view methodology disadvantages for the calculating the existent traffic capacity of the single track analytically by defining the limiting space interval. The current calculation methodology does not fully consider the factors influencing the traffic organization. Thus, this method implies that all trains or pairs of trains evenly distribute the traffic capacity does not corresponding to the real situation. Railway sections should have some reserve capacity that provides carriage in condition of actual traffic volume.

**Materials and methods.** The authors proposed a new approach for determining the traffic capacity by the situation modeling through the alternate graph of train traffic and in accordance with various factors effecting the traffic capacity. Moreover, the authors carried out a comparative analysis of the transportation process indicators. They used two variants of the interval control system — automatic and semi-automatic blocking — in irregular traffic conditions.

**Results.** The performed simulation modeling demonstrates that the use of semi-automatic blocking train interval control does not secure the planned train traffic capacity through the single-track designed line in difficult climatic conditions.

**Discussion and conclusion.** The automatic blocking is considered more appropriate for the train interval control system. The mentioned blocking will provide not only the required capacity, but also the possibility of diagnosing the state of the trackway integrity. It is an important issue providing train traffic safety at low temperatures.

**KEYWORDS:** railway line, traffic capacity, graph of the train traffic, service speed, proving ground technology, simulation modeling, interval control system, blocking

**Acknowledgments:** The authors express their gratitude to the reviewers for their constructive comments, improving the quality of the article.

**For citation:** Kornienko N.V., Mekhedov M.I. Choice of the interval traffic control system in terms of increasing demands for the coverage of forecast traffic volumes. *Russian Railway Science Journal*. 2022;81(1):63–70. (In Russ.). <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2022-81-1-63-70>.

**Введение.** Согласно Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года определены приоритетные направления для освоения прогнозируемых объемов перевозок, одним из которых является увеличение объема грузов, а следовательно, и гарантированная пропускная способность.

Поэтому для стабильного продвижения планового поездопотока необходимо определить систему интервального регулирования движения поездов с оптимальными технико-экономическими показателями для последующей стабильной эксплуатации проектируемой железнодорожной линии.

В рамках выполненной работы определена технология продвижения поездопотока через проектируемый участок от мест зарождения грузопотока до мест его погашения посредством имитационного моделирования и построения вариантных графиков движения поездов в автоматизированной системе (АС) ЭЛЬБРУС-РПС при различных вариантах железнодорожной автоматики и телемеханики, а именно использование в качестве систем интервального регулирования автоматической блокировки (АБ) и полуавтоматической блокировки (ПАБ) [1].

**Расчет пропускной способности проектируемого участка аналитическим методом.** Техническая возможность железных дорог по обеспечению перевозок пассажиров и грузов определяется наличной пропускной способностью основных устройств и сооружений. Наличной пропускной способностью железнодорожного участка называется максимальное число грузовых поездов (пар поездов) установленного веса и длины, которое может быть пропущено по этому участку за сутки в зависимости от его технической оснащенности и принятого способа организации движения поездов [2]. Исходными данными для расчета пропускной способности участка являются: количество главных путей на перегоне, средства сигнализации и связи по движению поездов, путевое развитие промежуточных раздельных пунктов, времена хода поездов по перегонам, станционные и межпоездные интервалы, принятый тип графика движения, особые условия организации движения поездов (подталкивание или двойная тяга поездов, обслуживание примыканий на перегоне и т. д.).

В целях повышения пропускной и провозной способности участка проектируемой однопутной железнодорожной линии между станциями предполагается строительство раздельных пунктов (разъездов). Путевое развитие разъездов предназначено для обеспечения скрещения и обгона поездов. В качестве технического средства организации движения поездов в проектных решениях рассматривался вариант применения ПАБ с электрической сигнализацией стрелок и

сигналов. Расчет наличной пропускной способности при заданной системе интервального регулирования движения поездов и на заданном участке производится согласно широко используемому существующему подходу определения наличной пропускной способности железнодорожной линии, который предполагает ее расчет по лимитирующему участку. Наличная пропускная способность перегона определяется делением суточного бюджета времени на период графика движения поездов [2].

Расчет пропускной способности выполняется по каждому перегону участка, а определение результирующей пропускной способности участка производится по ограничивающему перегону. Ограничивающим называется перегон, имеющий наименьшую пропускную способность из всех перегонов участка.

Наличная пропускная способность однопутных участков, не оборудованных АБ, определяется в парах поездов по формуле

$$N_{\text{нал}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \alpha_n}{T_{\text{пер}}} = \frac{(1440 - t_{\text{тех}}) \alpha_n}{\sum T_x + \tau_a + \tau_b},$$

где  $T_{\text{пер}}$  — период графика движения поездов, мин;  $t_{\text{тех}}$  — продолжительность суточного бюджета времени ( $t_{\text{тех}} = 90$  мин), выделяемого для производства плановых ремонтно-строительных работ, мин;  $\alpha_n$  — коэффициент ( $\alpha_n = 0,92$ ), учитывающий надежность работы технических средств (инфраструктуры и подвижного состава);  $\sum T_x$  — суммарное время хода пары поездов по ограничивающему перегону с учетом их разгонов и замедлений, предусмотренных схемой пропуска, мин;  $\tau_a, \tau_b$  — станционные интервалы скрещения и одновременного прибытия, мин.

Расчетный фрагмент графика движения при ПАБ приведен на рис. 1.

Расчет наличной пропускной способности выполнен аналитическим методом по представленной формуле в общем виде для однопутных участков, не оборудованных АБ, с определением по результатам расчета ограничивающих перегонов. Варианты схем прокладки поездов на максимальных перегонах в статье детально не рассматриваются, поскольку на проектируемой железнодорожной линии применение ПАБ нецелесообразно, учитывая сложные погодные условия, планируемые размеры движения и задачи, поставленные для обеспечения стабильного продвижения поездопотоков.

Выполнены расчеты наличной пропускной способности в случае применения на проектируемой железнодорожной линии ПАБ, согласно которым определены перегоны, имеющие предельное значение пропускной способности и являющиеся лимитирующими.

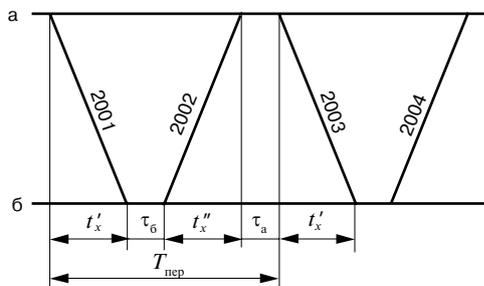


Рис. 1. Фрагмент графика движения поездов при ПАБ [2]:

а, б — условные обозначения железнодорожных станций, ограничивающих перегон;  $t'_x, t''_x$  — время хода в нечетном и четном направлениях соответственно;  $\tau_a, \tau_b$  — станционные интервалы скрещения и не одновременного прибытия;  $T_{пер}$  — период графика движения поездов

Fig. 1. Fragment of the train traffic graph for semi-automatic blocking [2]:

a, b — symbols of railway stations limiting the stage;  $t'_x, t''_x$  — travel time in odd and even directions, respectively;  $\tau_a, \tau_b$  — station intervals of crossing and non-simultaneous arrival;  $T_{пер}$  — period of the train traffic graph

При существующей методике расчета наличная пропускная способность будет достаточной для обеспечения пропуска заданных объемов поездопотока даже при использовании в качестве системы интервального регулирования ПАБ.

**Расчет пропускной способности проектируемого участка посредством имитационного моделирования.**

Однако приведенная выше методика расчета наличной пропускной способности имеет свои недостатки, поскольку фактическая возможность железнодорожной линии по пропуску заданных объемов перевозок может оказаться либо выше максимально расчетной, либо ниже ее, так как порядок использования постоянных устройств меняется в зависимости от сложившихся эксплуатационных условий [3].

Расчеты пропускной способности в основном используются при проектировании новых железнодорожных линий (значительно меньше при планировании и в управленческой деятельности), что приводит к возникновению несоответствия потребности и возможности перевозочного процесса, а следовательно, к затруднениям в эксплуатационной работе.

Использование аналитического метода расчета не распространяется на максимальные размеры поездов, там, где наиболее важно определять пропускную способность участков [4].

Железнодорожные участки должны иметь некоторый резерв, способный обеспечить перевозки при возможных скачках фактически предъявляемых объемов перевозок. Если размеры перевозок на каком-либо направлении будут превышать пере-

возную мощность линии даже на один день, ликвидация последствий, возникающих при этом, займет очень длительное время. Таким образом, фактор неравномерности в первую очередь должен учитываться в эксплуатационной работе при определении максимальных размеров движения поездов для разработки графика [5].

Степень неравномерности грузовых перевозок является одним из существенных факторов при определении потребной пропускной способности участков, при этом пропускная способность направлений определяется по ограничивающему участку. Чем выше неравномерность грузовых перевозок, тем большими оказываются в отдельные периоды времени сгущения вагонопотоков, поездопотоков и грузопотоков, и, соответственно, для их освоения возрастает потребная пропускная и перерабатывающая способность различных объектов инфраструктуры [6].

Как один из способов достоверного определения наличной пропускной способности [7] предлагается построение вариантных графиков движения поездов. Такой способ наиболее эффективен на однопутных линиях с резкими колебаниями в размерах движения с учетом предоставления «окна», необходимого для производства работ.

Целью исследования является приведение методики расчета пропускной способности к техническим характеристикам проектируемого участка, которые постоянны и независимы от способа организации движения поездов.

Для определения пропускной способности применено имитационное моделирование, позволяющее учитывать все особенности реального продвижения поездопотока не по лимитирующему перегону, а по рассматриваемому железнодорожному участку в целом с учетом влияния на него колебаний размеров поездопотока, когда «... пропускной способностью участка является максимальная эффективность, при которой поток поездов может пройти по всему участку в течение определенного отрезка времени, смещенного на выходе участка на величину времени хода в зависимости от технической оснащённости» [4].

Имитационное моделирование продвижения поездопотока через участок проектируемой железнодорожной линии и построение вариантных графиков проведены в автоматизированной системе АС ЭЛБРУС-РПС, разработанной в АО «ВНИИЖТ». Система предназначена для определения максимального количества грузовых поездов, которые могут быть пропущены по участку железной дороги с соблюдением допустимых межпоездных интервалов движения, с учетом принятой организации пропуска пассажирских, пригородных и ускоренных поездов, ограничений скорости движения, «окон» для ремон-

та и модернизации инфраструктуры с использованием методов имитационного моделирования.

Моделирование необходимо для решения сложных проблем управления при невозможности проведения экспериментов на практике [8]. Главная идея имитационного моделирования — это имитация реальной системы, чтобы исследовать и понять ее свойства, поведение и характеристики [9, 10].

Работы по комплексному исследованию пропускной способности рассматриваемого участка включают в себя несколько основных этапов [11]:

1. Подготовка исходных данных.
2. Выполнение вариантных расчетов графиков движения поездов для различных исходных данных.
3. Расчет параметров вариантных графиков и анализ полученных результатов.

После подготовки исходных данных выполняют последовательные расчеты с помощью автоматизированной программы, при которых увеличивается число грузовых поездов в обращении до достижения предельного значения  $N_{\max}$ .

$N_{\max}$  представляет собой максимально возможное количество грузовых поездов, которому соответствует физически реализуемый график, построенный с помощью АС ЭЛБРУС-РПС.

При моделировании для каждого рассчитанного и построенного графика движения определяются:

- маршрутная, участковая и техническая скорость;
- число остановок грузовых поездов для пропуска пассажирских и пригородных поездов;
- продолжительность стоянок грузовых поездов.

С учетом этого появляется возможность выбирать  $N_{\max}$  таким образом, чтобы отступить от суммарного максимального числа остановок и их суммарной продолжительности.

АС ЭЛБРУС-РПС позволяет достаточно оперативно строить вариантные графики движения с использованием различных исходных данных, в том числе для разного числа грузовых поездов, и определять участковые скорости движения для каждого рассчитанного варианта. Таким образом, могут быть получены расчетные зависимости участковой скорости от числа грузовых поездов и других определяющих движение поездопотока факторов для участков или направлений железной дороги.

Применение автоматизированного метода расчета пропускной способности путем имитационного моделирования позволяет быстро определить рациональные размеры движения грузовых поездов, а также резерв «ниток», который возможно заложить в график движения поездов.

Для исключения влияния различных вариантов подхода грузовых поездов при начале моделирования используется метод статистических испытаний, при

котором поезда подходят к границам участка случайным образом, и программа обеспечивает при заданном числе грузовых поездов в обращении несколько вариантов графиков движения при каждом варианте подхода. Очевидно, что есть более и менее благоприятные варианты графиков. Это выражается в том, что для каждого фиксированного числа грузовых поездов в обращении значимые параметры (значение участковой скорости, число остановок поездов, их продолжительность) имеют определенный разброс, характеризующий влияние фактора подвода поездов к участку проследования.

В процессе имитационного моделирования определена достаточность мероприятий по удлинению и строительству приемоотправочных путей на технических станциях, а также возможность остановки поездов для обгона и скрещения на промежуточных станциях и разъездах.

**Выбор системы интервального регулирования движения поездов.** Для проведения имитационного моделирования графика движения поездов в АС ЭЛБРУС-РПС был выполнен энергооптимальный тяговый расчет траектории движения поезда для конкретной поездки при обеспечении минимума затрат механической энергии локомотива на тягу и с учетом плана и профиля пути, массы состава и характеристик локомотива в соответствии с [12, 13] для расчетного тепловоза 3ТЭ25КМ.

Графики проектировались в следующем порядке:

- освоение проектных размеров движения и обеспечение запаса пропускной способности, который выражается в дополнительных нитках графика;
- выполнение ограничений по пропускной способности станций и разъездов;
- обеспечение размеров движения снегоуборочной техники не менее двух пар в сутки.

Организацию движения поездов регламентирует нормативный график движения, а фактическое использование пропускной способности определяется посредством исполненного графика. Поскольку железнодорожный участок еще не введен в эксплуатацию, вопросы построения исполненного графика движения поездов и его выполнения рассматривать преждевременно. Авторами предложены вариантные графики движения поездов, предусматривающие организацию движения поездов с учетом пропуска пассажирских поездов, количества и полезной длины станционных путей, неравномерности грузовых перевозок, организации работы в зимних и летних условиях в период проведения технологических «окон», сложных погодных условий в зимний период во время работы снегоуборочной техники, определены значения участковой скорости и пропускной способности на перегонах проектируемой железнодорожной линии.

Таблица 1

Показатели перевозочного процесса в условиях суточной неравномерности движения  
(поступление плановых объемов в размере 30 % в период с 00:00 до 11:00, 70 % в период с 11:00 до 23:00)

Table 1

Transportation process indicators considering daily uneven traffic  
(receipt of planned volumes in the amount of 30 % from 00:00 to 11:00, 70 % from 11:00 to 23:00)

Система интервального регулирования движения	Плановые размеры движения, пар поездов/сут	В интервале с 00:00 до 11:00 пар поездов	В интервале с 11:00 до 23:00 пар поездов	Исполненный размер движения +/- к плану, пар поездов/сут	Исполненный размер движения к плану, %	$v_{уч}$ , км/ч	$v_{тех}$ , км/ч	$\beta_{уч}$
АБ	19	7	13	0	0	43,1	60,2	0,72
ПАБ		6	11	-3	-15	43,1	57,2	0,69

Примечания:  $v_{уч}$  — участковая скорость;  $v_{тех}$  — техническая скорость;  $\beta_{уч}$  — коэффициент участковой скорости.  
Notes:  $v_{уч}$  — service speed;  $v_{тех}$  — technical speed;  $\beta_{уч}$  — service speed coefficient.

Таблица 2

Показатели перевозочного процесса в условиях проведения «окон»

Table 2

Transportation process indicators considering the breaks in train shedule

Система интервального регулирования движения	Плановые размеры движения, пар поездов/сут	Пропускная способность участка при продолжительности «окна» 8 ч, пар поездов/сут	Исполненный размер движения +/- к плану, пар поездов/сут	Исполненный размер движения к плану, %	$v_{уч}$ , км/ч	$v_{тех}$ , км/ч	$\beta_{уч}$
АБ	19	20	+1	+5 %	41,5	58,1	0,71
ПАБ		13	-6	-32 %	37,9	56,4	0,67

При сравнительном анализе вариантных графиков движения поездов для вариантов системы интервального регулирования движения поездов на проектируемом участке при условии суточной неравномерности грузовых перевозок очевидно, что при применении ПАБ график уплотнить невозможно. Это

связано с особенностью технологии работы с ПАБ, при использовании которой поезда на перегон могут отправляться только равномерно. Обеспечение пропуска плановых суточных объемов перевозок может быть достигнуто только за счет резерва ниток графика движения поездов, который при ПАБ отсутствует.

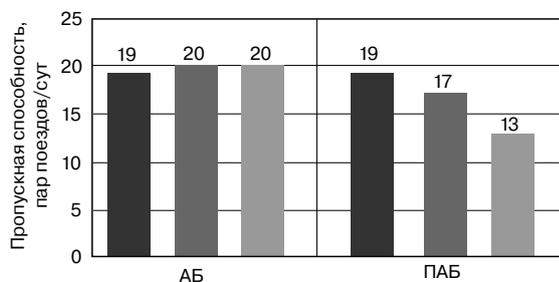


Рис. 2. Прогнозный сравнительный анализ пропускной способности проектируемого участка при использовании АБ и ПАБ при суточной неравномерности перевозок и в период проведения технологических «окон»:  
■ — план, пар поездов/сут; ■ — суточная неравномерность, пар поездов/сут; ■ — «окна», пар поездов/сут  
Fig. 2. Predictive comparative analysis of the capacity of the projected section using automatic and semi-automatic blocking with daily uneven traffic and during technological breaks in train shedule:  
АБ — automatic blocking; ПАБ — semi-automatic blocking;  
■ — plan, pairs of trains per day; ■ — daily irregularity, pairs of trains per day; ■ — breaks in train shedule, pairs of trains per day

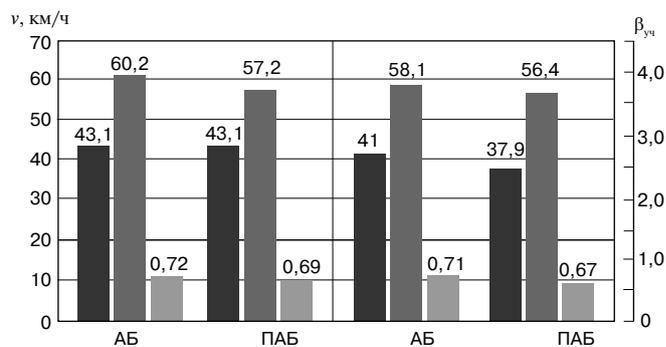


Рис. 3. Основные качественные показатели перевозочного процесса на проектируемом участке при использовании АБ и ПАБ в условиях неравномерности перевозок (слева) и проведения технологических «окон» (справа):  
■ —  $v_{уч}$ , км/ч; ■ —  $v_{тех}$ , км/ч; ■ —  $\beta_{уч}$   
Fig. 3. Main quality indicators of the transportation process on the projected section using automatic and semi-automatic blocking concerning of uneven transportation (left) and carrying out technological breaks in train shedule (right):  
■ —  $v_{уч}$ , км/ч; ■ —  $v_{тех}$ , км/ч; ■ —  $\beta_{уч}$

АБ позволяет обеспечить выполнение графика движения поездов при суточной неравномерности движения  $\pm 30\%$ , при отклонении в указанном диапазоне дополнительного резерва ниток графика не требуется, т. е. при АБ возникает возможность выполнения графика движения поездов при суточном колебании величины объемов перевозок.

Сравнительный анализ показателей перевозочного процесса при использовании двух вариантов системы интервального регулирования движения в условиях его неравномерности приведен в табл. 1, рис. 2, 3, при проведении технологических «окон» — в табл. 2, рис. 2, 3.

По результатам проведенного имитационного моделирования следует, что ПАБ в качестве системы интервального регулирования движения поездов не сможет обеспечить пропуск плановых объемов через участок проектируемой железнодорожной линии, и в данном случае целесообразней применить АБ, которая позволит обеспечить не только требуемую пропускную способность, но и возможность диагностики состояния целостности рельсовой нити, что в условиях низких температур является немаловажным вопросом в области обеспечения безопасности движения поездов.

**Обсуждение и заключение.** Существующая методика расчета наличной пропускной способности однопутной железнодорожной линии аналитическим методом посредством ее определения по ограничивающему перегону (с наименьшей пропускной способностью) не учитывает в полной мере все факторы, влияющие на организацию перевозочного процесса. Аналитический метод предполагает, что все поезда или пары поездов занимают пропускную способность участка равномерно, что не соответствует реальной ситуации. Возникает необходимость существенно менять подход к определению наличной пропускной способности железнодорожного участка не по лимитирующему перегону, а по участку в целом, учитывая такие факторы, как неравномерность движения, сложные погодные условия, сезонность перевозок и т. д.

Предложенная методика определения пропускной способности посредством имитационного моделирования через построение вариантных графиков движения поездов в АС ЭЛЬБРУС-РПС позволяет наиболее точно выявить внутренние закономерности для поиска проблемных зон в пропускной способности железнодорожного участка и достоверно определить его транспортный потенциал в случае изменения технологии работы и резерв «ниток», который возможно заложить в график движения поездов.

Результаты проведенных исследований апробированы на проектируемом железнодорожном полигоне «Северный широтный ход».

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Полигонные технологии движения поездов по графикам на основе автоматизированной системы «Эльбрус» / Л. А. Мугинштейн [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2015. № 3. С. 13–19.
2. Инструкция по расчету наличной пропускной способности: утв. ОАО «РЖД» 10 ноября 2010 г. № 128. М.: Техинформ, 2011. 290 с.
3. Пехтерев Ф. С. Количественная оценка перевозочного потенциала железных дорог // Экономика железных дорог. 2012. № 7. С. 22–29.
4. Левин Д. Ю., Павлов В. Л. Расчет и использование пропускной способности железных дорог: монография. М.: Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. транспорте, 2011. 364 с.
5. Угрюмов А. К. Неравномерность движения поездов. М.: Транспорт, 1968. 112 с.
6. Сотников Е. А., Шенфельд К. П. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на требуемую пропускную способность // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2011. № 5. С. 3–9.
7. Организация движения на железнодорожном транспорте / В. В. Повороженко [и др.]; под ред. В. В. Повороженко. М.: Транспорт, 1957. 364 с.
8. Имитационное моделирование в задачах организации движения поездов: сб. тр. ученых ОАО «ВНИИЖТ» / Л. А. Мугинштейн [и др.]. М.: Интекст, 2012. 55 с.
9. Мугинштейн Л. А., Анфиногенов А. Ю., Кирик и н В. Ю. Оценка пропускной способности участков железных дорог на основе имитационного моделирования // Железнодорожный транспорт на современном этапе: сб. тр. ученых АО «ВНИИЖТ» / под ред. Б. М. Лapidуса, Г. В. Гогричани. М.: ВМГ-Принт, 2014. С. 45–50.
10. Оптимизация условий организации движения соединенных поездов на постоянной основе на Транссибирской магистрали Восточного полигона сети железных дорог / М. И. Мехедов [и др.] // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта (Вестник ВНИИЖТ). 2021. Т. 80, № 1. С. 4–12. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-1-4-12>.
11. Патент № 2297353 Российская Федерация, МПК В61L 27/00 (2006.01). 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.
12. Правила тяговых расчетов для поездной работы: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 12 мая 2016 г. № 867р. М.: ОАО «РЖД», 2016. 515 с.
13. Методика сравнительной оценки энергоемкости перевозочного процесса в границах железных дорог [Электронный ресурс]: утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 17 декабря 2015 г. № 2983р. 60 с. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

## REFERENCES

1. Muginshteyn L. A., Vinogradov S. A., Kiryakin V. Yu., et al. Polygonnye tekhnologii dvizheniya poezdov po grafikam na osnove avtomatizirovannoy sistemy "El'brus" [Polygon technologies of train operation according to schedules based on the automated system "Elbrus"]. *Zheleznodorozhnyy transport = Railway transport*. 2015;(3):13–19. (In Russ.).
2. Instruksiya po raschetu nalichnoy propusknoy sposobnosti: utv. ОАО «RZhD» 10 noyabrya 2010 g. № 128 [Instructions for calculating available capacity: approved by JSC Russian Railways November 10, 2010 No. 128]. Moscow: Tekhinform Publ.; 2011. 290 p. (In Russ.).
3. Pekhterev F. S. Kolichestvennaya otsenka perevochnogo potentsiala zheleznykh dorog [Quantitative assessment of the transportation potential of railways]. *Ekonomika zheleznykh dorog = The Railway Economics magazine*. 2012;(7):22–29. (In Russ.).

4. Levin D. Yu., Pavlov V. L. Raschet i ispol'zovanie propusknoy sposobnosti zheleznykh dorog: monografiya [Calculation and use of railway capacity: Monograph]. Moscow: Ucheb.-metod. tsentr po obrazovaniyu na zh.-d. transporte [Educational and methodological center for education in railway transport] Publ.; 2011. 364 p. (In Russ.).

5. Ugryumov A. K. Neravnomernost' dvizheniya poezdov [Uneven motion of trains]. Moscow: Transport Publ.; 1968. 112 p. (In Russ.).

6. Sotnikov E. A., Shenfel'd K. P. Neravnomernost' gruzovykh perevozok v sovremennykh usloviyakh i ee vliyanie na potrebnuyu propusknyuyu sposobnost' [Uneven freight traffic in modern conditions and its impact on the required capacity]. *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta (Vestnik VNIIZhT) = Russian Railway Scientific Journal*. 2011;(5):3–9. (In Russ.).

7. Povorozhenko V. V., Petrishin L. L., Stefanov N. Ya., et al. Organizatsiya dvizheniya na zheleznodorozhnom transporte [Organization of traffic in railway transport]. Moscow: Transzheldorizdat Publ.; 1957. 364 p. (In Russ.).

8. Muginshteyn L. A., Anfinogenov A. Yu., Kiryakin V. Yu., et al. Imitatsionnoe modelirovaniye v zadachakh organizatsii dvizheniya poezdov: sb. tr. uchenykh OAO "VNIIZhT" [Simulation modeling in the problems of organizing train traffic: Coll. of works by scientists of JSC "VNIIZhT"]. Moscow: Intext Publ.; 2012. 55 p. (In Russ.).

9. Muginshteyn L. A., Anfinogenov A. Yu., Kiryakin V. Yu. Otsenka propusknoy sposobnosti uchastkov zheleznykh dorog na osnove imitatsionnogo modelirovaniya [Evaluation of the capacity of railway sections based on modeling]. *Zheleznodorozhnyy transport na sovremennom etape: sb. tr. uchenykh AO "VNIIZhT" / pod red. B. M. Lapidusa, G. V. Gogrichiani* [Railway transport at the present stage: Coll. of works by scientists of JSC "VNIIZhT", ed. by B. M. Lapidus, G. V. Gogrichiani]. Moscow: VMG-Print Publ.; 2014. P. 45–50. (In Russ.).

10. Mehedov M. I., Sotnikov E. A., Kholodnyak P. S., et al. Optimizatsiya usloviy organizatsii dvizheniya soedinyennykh poezdov na postoyannoy osnove na Transsibirskoy magistrali Vostochnogo poligona seti zheleznykh dorog [Condition optimization for organizing the operation of connected trains on an ongoing basis on the Trans-Siberian Railway of the Eastern operational range of the railway network]. *Vestnik Nauchno-issledovatel'skogo instituta zheleznodorozhnogo transporta (Vestnik VNIIZhT) = Russian Railway Scientific Journal*. 2021;80(1):4–12. <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2021-80-1-4-12>. (In Russ.).

11. Muginshstein L. A., Anfinogenov A. Yu., Kiryakin V. Yu., et al. Sposob imitatsionnogo modelirovaniya poezdopotoka po uchastku zheleznoy dorogi [Method for simulating train flow along a railway section]. Patent No. 2297353 Rossiyskaya Federatsiya [Russian Federation], MPK B61L 27/00 (2006.01), publ. 20.04.2007. 11 p. (In Russ.).

12. Pravila tyagovykh raschetov dlya poezdnoy raboty: utv. rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 12 maya 2016 g. № 867r [Rules for traction calculations for train operation: approved by Order of JSC Russian Railways dated May 12, 2016 No. 867r]. Moscow: OAO "RZhD" Publ.; 2016. 515 p. (In Russ.).

13. Metodika sravnitel'noy otsenki energoemkosti perezozhnoy protsessy v granitsakh zheleznykh dorog: utv. rasporyazheniem OAO "RZhD" ot 17 dekabrya 2015 g. № 2983r. [Methodology for comparative assessment of the energy intensity of the transportation process within the boundaries of railways: approved by Order of JSC Russian Railways dated December 17, 2015 No. 2983r]. 60 p. (In Russ.).

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Наталья Владимировна КОРНИЕНКО**, ведущий технолог, научный центр «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения», АО «ВНИИЖТ», AuthorID: 1080941, <https://orcid.org/0000-0002-1375-2071>

## Михаил Иванович МЕХЕДОВ,

канд. техн. наук, заместитель генерального директора, директор научного центра «Цифровые модели перевозок и технологии энергосбережения», АО «ВНИИЖТ», AuthorID: 1019989, <https://orcid.org/0000-0002-8174-214X>

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

### Natal'ya V. KORNIENKO,

Leading Technologist, Research Center "Digital Transportation Models and Energy Saving Technologies", JSC "VNIIZhT", AuthorID: 1080941, <https://orcid.org/0000-0002-1375-2071>

### Mikhail I. MEKHEDOV,

Cand. of Sci. (Engineering), Deputy General Director, Director of the Research Center "Digital Transportation Models and Energy Saving Technologies", JSC "VNIIZhT", AuthorID: 1019989, <https://orcid.org/0000-0002-8174-214X>

## ВКЛАД АВТОРОВ

**Наталья Владимировна КОРНИЕНКО.** Обзор существующих методов расчета пропускной способности, подготовка и описание исходных данных для выполнения расчетов пропускной способности аналитическим методом и посредством имитационного моделирования, выполнение расчетов аналитическим методом, а также моделирования вариантных графиков движения поездов в автоматизированной системе АС ЭЛЬБРУС-РПС, сравнительный анализ полученных результатов, выводы (70%).

**Михаил Иванович МЕХЕДОВ.** Формирование направления исследования, формулировка цели и задач, обозначение алгоритма исследования (30%).

## CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

**Natal'ya V. KORNIENKO.** Review of existing methods for calculating capacity, preparation and description of initial data for performing capacity calculations by the analytical method and through simulation modeling, performing calculations by the analytical method, as well as modeling variant graphs of train traffic in the automated system AS ELBRUS-RPS, comparative analysis of the results obtained, conclusions (70%).

**Mikhail I. MEKHEDOV.** Formation of the direction of research, formulation of goals and objectives, designation of the research algorithm (30%).

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

*The authors have read and approved the final manuscript.*

**Прозрачность финансовой деятельности:** авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

**Financial transparency:** the authors have no financial interest in the presented materials and methods. There is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12.01.2022, первая рецензия получена 21.01.2022, вторая рецензия получена 02.02.2022, принята к публикации 16.02.2022.

The article was submitted 12.01.2022, first review received 21.01.2022, second review received 02.02.2022, accepted for publication 16.02.2022.