

П. Е. Раевская, Н. Ф. Сирина, К. М. Тимухин, Н. А. Тушин

РАСЧЕТ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЛИГОНА ПРИ ФОРСИРОВАННОМ ГРАФИКЕ ДВИЖЕНИЯ ПЕЗДОВ

Аннотация. Выполнено исследование пропускной способности железнодорожных полигонов в условиях внедрения форсированного графика движения поездов, характеризующегося интеграцией соединенных поездов в систему движения. Проведен сравнительный анализ методик определения пропускной способности, основанный на сопоставлении результатов, полученных посредством применения аналитической формулы, используемой в практике, и результатов, генерируемых посредством имитационного моделирования. Приведен вывод о целесообразности и необходимости использования специализированного программного комплекса (система ИМЕТРА) для построения реалистичных моделей функционирования железнодорожного полигона, адекватно отражающих сложные взаимодействия элементов транспортной системы. Представлены результаты экспериментальных исследований, выполненных на базе имитационной модели, разработанной в УрГУПС, направленных на анализ влияния форсированного графика движения поездов на задержки различных категорий поездов. Полученные результаты позволяют оценить эффективность внедрения форсированного графика и выявить потенциальные узкие места в функционировании железнодорожного полигона.

Ключевые слова: пропускная способность, форсированный график, двоянные поезда, имитационное моделирование, система ИМЕТРА, железнодорожный полигон.

Для цитирования: Расчет пропускной способности полигона при форсированном графике движения поездов / П. Е. Раевская, Н. Ф. Сирина, К. М. Тимухин, Н. А. Тушин // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 3. – С. 162–170. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_3_162.

Введение

Основная задача системы организации движения поездов – выполнение графика движения поездов при соблюдении имеющихся на участках ограничений. В условиях постоянного возрастания объемов перевозок грузов, а также отсутствия необходимого финансирования на проведение реконструкционных мероприятий по усилению пропускной способности в сводный график движения поездов включаются соединенные поезда [1]. Организацию курсирования соединенных поездов на регулярной основе можно обозначить новым понятием «форсированный график движения поездов». Форсированный график движения – это сводный график движения поездов с усиленной (увеличенной) пропускной способностью [2, 3].

Пропускная способность для участка железной дороги, где осуществляется пропуск соединенных поездов, в соответствии с [4, 5] рассчитывается по формуле

$$N^{СП} = (1440 - t_{тех})\alpha_n \left(\frac{\sigma}{I_y} + \frac{K_{co}(1-\sigma)}{I_d} \right), \quad (1)$$

где σ – доля грузовых поездов установленной длины составов в общем поездопотоке; K_{co} – отношение условной длины соединенного поезда к установленной условной длине состава; I_y, I_d – межпоездные интервалы между поездами установленной длины и соединенными поездами.

Относительный прирост пропускной способности теоретически составит 35–40 %. Результаты расчета пропускной способности представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета пропускной способности

№ п/п	σ	K_{co}	I_y , мин	I_d , мин	N , поездов	$N^{СП}$, поездов
1	0,9	2	10	15	125	130
2	0,85	2	10	15		131
3	0,8	2	10	15		134
4	0,75	2	10	15		136

Окончание табл. 1

№ п/п	σ	K_{co}	I_y , мин	I_d , мин	N , поездов	$N^{СП}$, поездов
5	0,7	2	10	15	125	138
6	0,65	2	10	15		140

Однако на основе исследований и обобщения практического опыта [6–8] можно сделать предположение, что пропускная способность участка железной дороги при осуществлении пропуска соединенных поездов не будет иметь линейную зависимость от интервала движения в пакете (см. формулу (1)). Реальная пропускная способность зависит от заданной структуры полигона, структуры потока, неравномерности и диспетчерского управления. Предположение о некорректном применении действующей Инструкции по расчету пропускной способности [4] требует проверки. Если железнодорожный участок при пропуске соединенных поездов рассматривать как распределенный канал и распределенный бункер, то параметры таких сложных дуплексов для пропуска поездопотока необходимо рассчитывать с использованием имитационных моделей. Такой подход обладает научной новизной и отвечает требованиям к научной гипотезе.

Основная часть

Имитационное моделирование – это метод исследования сложных систем путем создания их компьютерных моделей и проведения экспериментов с этими моделями. Модель позволяет воспроизводить поведение системы во времени, что помогает понять ее динамику, выявить закономерности и предсказать возможные исходы при изменении параметров или условий работы системы.

Основным документом, организующим работу железнодорожного полигона, считается график движения поездов. Долгое время он разрабатывался вручную. В последнее время во ВНИИЖТе был разработан программный комплекс автоматизированного построения графика движения «Эльбрус» [9].

Однако комплекс обладает существенным недостатком: рассматривается схема из пустых ниток графика, не наполненных содержанием, например, не отображается работа станций по подготовке и обработке составов, приему и отправлению поездов, нет локомотивного обеспечения поездного движения, т.е. по этим ниткам не следуют поезда, им неоткуда взяться.

Для наполнения ниток графика поездами необходимо сформировать составы на сортировочных станциях. Если нет сформированного состава, нитка графика пропадает. Допустим, есть состав в парке отправления, но все бригады ПТО заняты, и нитка графика сдвигается. При наличии обработанного состава и отсутствии локомотива нитка тоже сдвигается.

Невозможно утверждать, что при существующих мощностях сортировочных станций, локомотивного и бригадного обеспечения разработанный график движения может быть реализован и достигнута расчетная пропускная способность. Необходимо проведение соответствующего профессионального исследования. Это может быть осуществлено в имитационной экспертизе, выполненной с использованием системы ИМЕТРА. Имитационная система может отображать всю реальную работу полигона, включая работу станций, локомотивное и бригадное обеспечение, и, естественно, строить графики движения поездов, которые могут быть реализованы в конкретных условиях. Кроме того, система позволяет выполнять детальный анализ работы полигона по построенному графику.

Система ИМЕТРА прошла практическую проверку. На направлении Называевская – Чепца Свердловской железной дороги была построена модель, включающая 88 станций. На модели экспериментально проверена возможность по освоению прогнозируемых размеров грузопотоков на 2020–2025 гг. и определена рациональная этапность развития станций направления. Система прошла государственную регистрацию и используется в институте ИЭРТ.

Оценка влияния организации курсирования соединенных поездов на пропускную способность полигона проводилась с использованием предварительно выверенной коллективом ученых УрГУПС имитационной модели железнодорожного участка [10]. В задачи исследования входили подготовка исходных данных для экспериментов и внесение необходимых корректировок в технологический процесс.

Особенности моделирования пропуска сдвоенных поездов

Объекты моделирования отображаются укрупненно – в виде парков и горловин с описанием их функциональных возможностей (количества каналов – возможных параллельных передвижений в горловине). Экспериментальные расчеты при организации пропуска сдвоенных поездов требуют более детального анализа схем станций. Необходимо наметить станции, на которых возможно останавливать составы двойной длины. Для этого можно воспользоваться местными инструктивными указаниями. С точки зрения

исходных данных для моделирования оценивается занятость структурных каналов. При остановках с частичным занятием составом горловин перекрываются соответствующие каналы.

Схема станции с разбивкой на каналы в горловинах приведена на рис. 1.

Кокшаровский

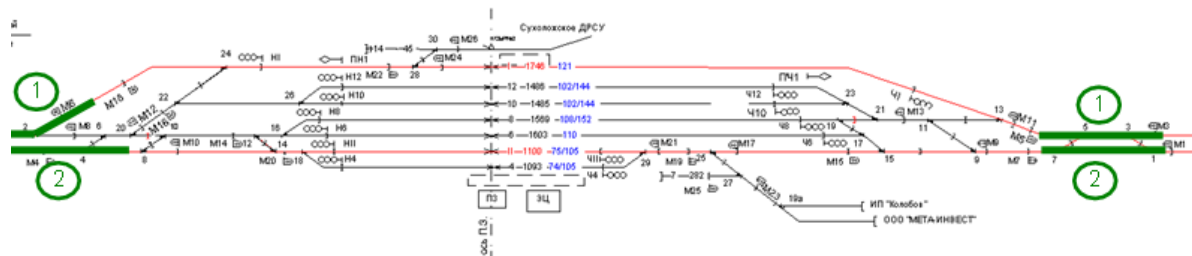


Рис. 1. Каналы в горловинах станции

В модели станция будет представлена в виде одного парка и горловин, состоящих из двух каналов. Обгон нечетного соединенного поезда пассажирским составом не блокирует каналы, предназначенные для пропуска поездов четного направления. В случае приема соединенного поезда четного направления под обгон на путях № 8, 10, 12 происходит занятие четной горловины, что, в свою очередь, временно блокирует канал для отправления нечетных поездов.

Вместимость по назначениям определяется исходя из анализа технологических процессов. Совокупная полезная длина приемоотправочных путей станции составляет 496 условных вагонов, что соответствует наличию пяти путей. Показатели вместимости станции по модельным назначениям вагонов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вместимость путей станции

Модельное назначение	Количество путей для приема поездов	Общая вместимость для назначения
12000 т (142 у.в.)	2	284
8000 т (85 у.в.)	4	340
71 у.в.	5	355
57 у.в.	5	285

Технологический процесс формируется посредством технологических цепочек и взаимосвязей между ними. При этом важно учитывать не только последовательность выполнения операций, но и аспекты управления процессом, а также возможность вариативности его реализации в зависимости от условий. Диспетчерское управление моделируется путем задания различных условий для принятия решений. Это может быть проверка количества поездов и вагонов на отдельных станциях, анализ доступной вместимости парков и станций, а также учет наличия или отсутствия локомотивов определенных категорий. Такой подход позволяет имитировать гибкую специализацию путей, планировать последовательность выполнения операций и учитывать другие аспекты управления.

В процессе моделирования задается последовательность пропуска поездов, при этом пассажирским поездам предоставляется приоритет. Основой организации движения поездов в имитационной модели служит концепция «пробной операции проследования». Применение пробных операций обеспечивает реализацию механизма принятия решений относительно времени и места выполнения обгона или скрещения поездов (рис. 2). На рис. 2 утолщенной зеленой линией обозначена нитка графика движения нечетного соединенного поезда. В модели предусмотрен обгон данного поезда пассажирским поездом на станции Сарга, которая оборудована удлиненными путями. Отправление грузового поезда после прохождения пассажирского осуществляется с некоторой задержкой.

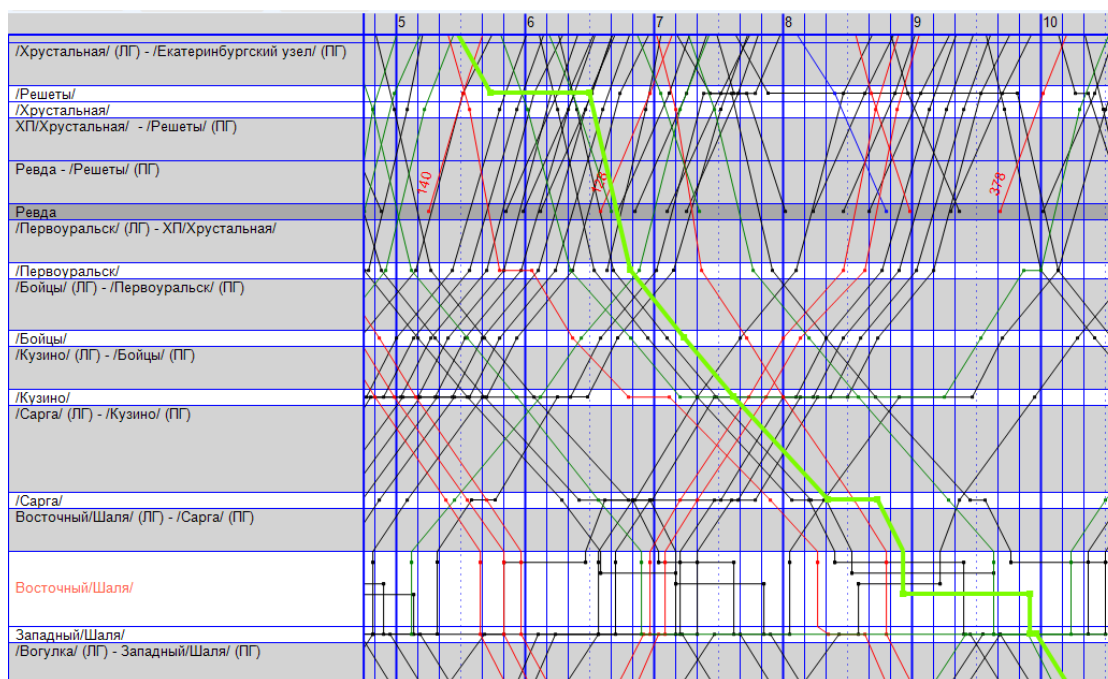


Рис. 2. Фрагмент графика исполненного движения в системе ИМЕТРА

Функциональные параметры перегонов контролируются допустимым количеством поездов, станционными и межпоездными интервалами. Такая особенность позволяет имитировать ограничение количества поездов на фидерных зонах и допустимые интервалы движения по условиям энергоснабжения. Интервалы попутного отправления и попутного прибытия определяются для соединенных поездов с учетом условий формирования на станционных путях или на перегоне.

Апробация модели подтвердила реализуемость ограничений. Расчетные графики движения соединенных поездов построены с учетом увеличенных интервалов. На рис. 3 выделены нитки соединенных поездов.

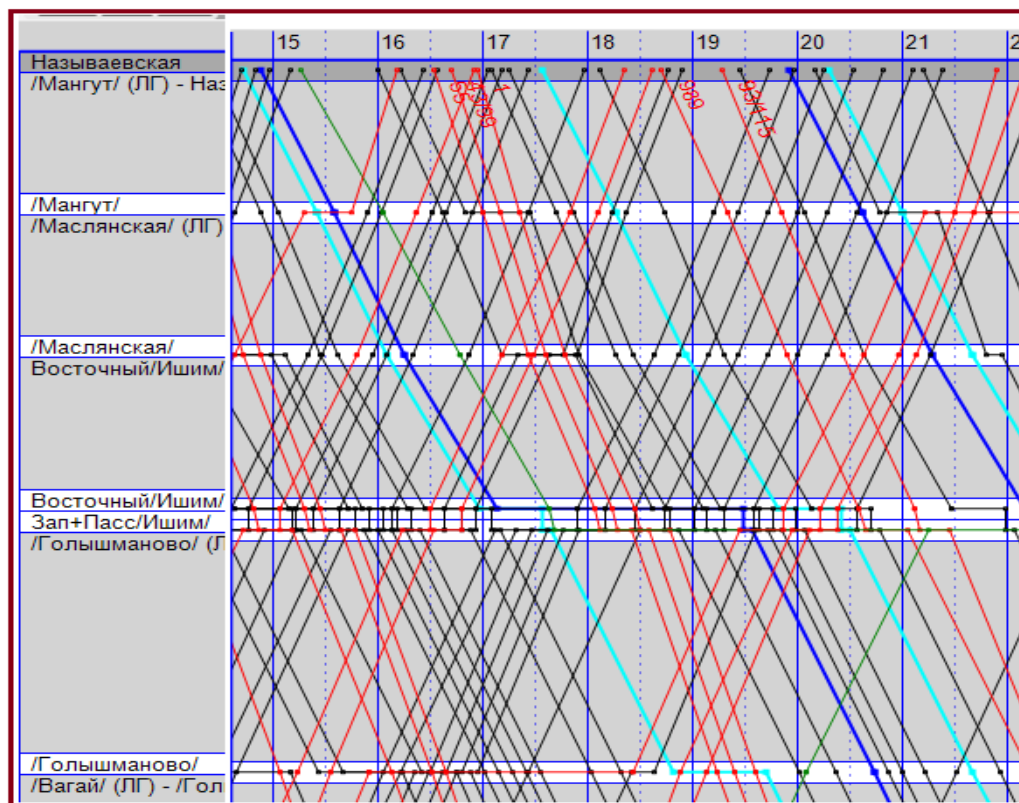


Рис. 3. Расчетный график движения поездов

Планирование экспериментов

Проверка гипотезы о нелинейной зависимости пропускной способности участков железных дорог при осуществлении пропуска соединенных поездов от интервала движения в пакете проведена экспериментально. Особенностью расчетов на имитационной модели является необходимость проводить серию экспериментов. Для исключения влияния случайных процессов каждый вариант рассчитывается 10 раз и определяются средние значения для дальнейшего анализа. Большая протяженность направления обуславливает период моделирования. Расчет выполняется на 8 суток. Результаты моделирования первых 3 суток исключаются из анализа. Такое решение позволит избежать искажения с учетом начальных условий.

Исходные поездопотоки задаются последовательно. График движения пассажирских поездов закладывается в модель по действующему расписанию. Операции пропуска и обработки пассажирских составов задаются с приоритетом. Технологические цепочки грузовых поездов формируются отдельно по каждому назначению плана формирования. Выделяются цепочки пропуска сдвоенных поездов. Для операции со сдвоенными поездами задается приоритет перед остальными грузовыми поездами и глубина его действия. В модели сдвоенные поезда обозначаются как приоритетные.

Время начала первой операции технологической цепочки стандартных поездов задается в соответствии с нормативным графиком движения поездов. Для сдвоенных поездов задается количество ниток графика за определенный период времени. В одном варианте экспериментов меняется только один параметр – количество ниток графика сдвоенных поездов (рис. 4).

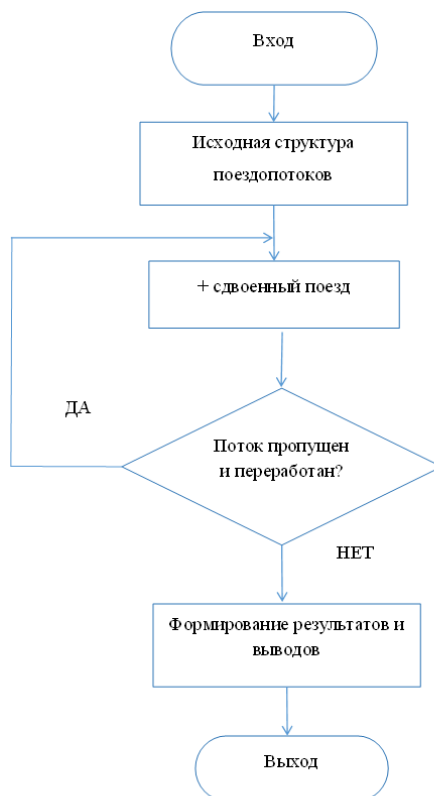


Рис. 4. Схема экспериментального исследования

Анализ результатов исследования

В результате экспериментов установлено максимальное количество сдвоенных поездов, пропущенных по полигону. Расчеты показали возможность пропуска семи состыкованных поездов. Добавление в модель еще одной нитки сдвоенного поезда не приводит к увеличению размеров движения при существующей структуре полигона. При увеличении потока со стыкового пункта модель не может пропустить все поезда.

Основной задачей расчетов является достижение максимальной пропускной способности. Дальнейшее увеличение возможностей линии связано с устранением «узких мест». Оптимизация в

имитационных экспериментах предполагает наличие критерия, минимум или максимум которого будет считаться рациональным вариантом. Загрузку парков, горловин, перегонов в модели можно получить с помощью подсчета занятости элементов за расчетный период. Но в реальной работе происходит одновременное выполнение технологических цепочек и наложение их на одни и те же элементы структуры. Занятость элементов структуры вызывает задержки в выполнении технологических операций. Задержки могут возникать как из-за несовершенства структуры, так и из-за несоответствия технологии структуре. Учитывая, что пропускная и провозная способность железнодорожного направления определяется комбинацией структурных и технологических параметров, в роли критерия оптимизации предлагается использовать интегральную оценку временных потерь. В связи с этим определенным интерес представляет анализ величины задержек в модели.

Распределение задержек по категориям поездов приведено в табл. 3. Наибольшие задержки приходятся на грузовые поезда унифицированной длины, что объясняется большим количеством поездов данной категории и низким приоритетом при выборе очередности их пропуска (по сравнению с пассажирскими, пригородными и двоянными поездами). Соединенные поезда в целом вызывают меньшее количество задержек. Однако при этом в среднем на каждый такой поезд приходится задержка больше, чем на поезд унифицированной длины.

Таблица 3

Суммарные задержки направления по категориям поездов

Категория	Задержки, мин	Количество операций	Задержка на операцию, мин
Нечетные грузовые	27606	2423	11
Четные грузовые	27934	2512	11
Сдвоенные	2375	130	18

Увеличение потока по стыковым пунктам не приводит к росту пропускной способности полигона в целом. Модель не может пропустить все поезда. В первую очередь это происходит из-за отсутствия путей соответствующей длины на станциях и, как следствие, занятием горловин при обработке сдвоенных поездов. Для увеличения пропускной способности без ущерба поездам унифицированной длины в первую очередь необходимо удлинение путей на станциях смены локомотивов и локомотивных бригад.

Отсутствие путей для приема соединенных поездов на участковых станциях влечет за собой занятие горловин данными поездами при их обработке на станции и задержки поездов унифицированной длины. Например, на рис. 5 дополнительно ко времени обслуживания по технологии каждый состав простаивает 47,7 мин в нечетном направлении и 27,2 мин в четном. Конечно, в таких ситуациях емкость парка оказывается недостаточной и вызывает задержки. Но очевидно, что вместо добавления приёмноотправочных путей следует проверить, будет ли положительный эффект при увеличении количества каналов обслуживания – бригад осмотрщиков.

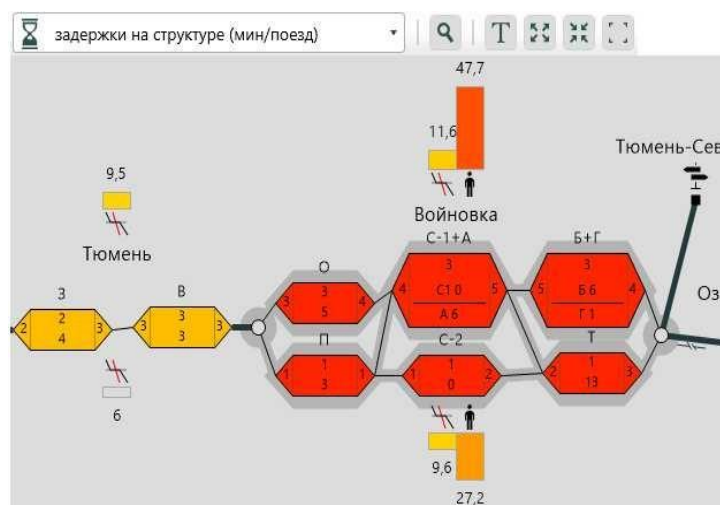


Рис. 5. Структурно-функциональные задержки на станции

Модель суммирует задержки из-за поездных локомотивов и показывает их среднее значение в минутах, приходящееся на один поезд, непосредственно на схеме полигона. Соединенные поезда, по

сути, являются приоритетными поездами и имеют преимущественное локомотивное обеспечение. Это, конечно, увеличивает задержки обычных поездов в ожидании локомотивов. Как правило, бывает следующая ситуация: есть состав обычного поезда, есть локомотив, но поезд отправляться не может, потому что следом идет приоритетный поезд и для обычного поезда не будет локомотива.

Чем больше будет приоритетных поездов, тем больше будут задержки обычных локомотивов. На модели полигона с помощью системы ИМЕТРА были воспроизведены такие ситуации (рис. 6).

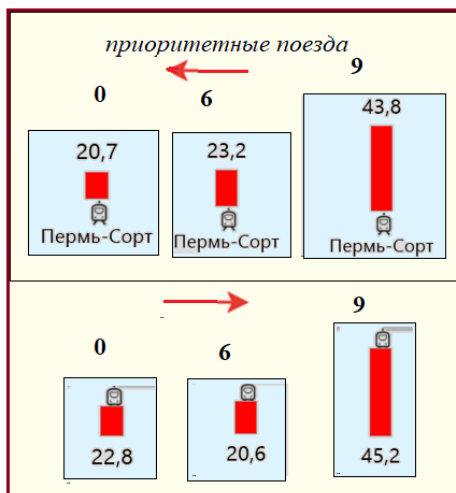


Рис. 6. Возрастаение задержек обычных поездов при увеличении числа соединенных

Выводы

1 Традиционная формула расчета пропускной способности при использовании форсированного графика движения на железнодорожном полигоне не отражает нелинейную зависимость от взаимного влияния элементов железнодорожной инфраструктуры и специфику технологических процессов на станциях.

2 Имитационное моделирование позволяет учесть дискретность операций, работу сортировочных станций, локомотивное обеспечение, обеспечение операций персоналом и тем самым дать более точную оценку пропускной способности полигона.

3 Оценка имеющихся инфраструктурных ограничений, а также разработка комплексных программ развития полигонов железных дорог и хозяйствующих на них бизнес-единиц ОАО «РЖД» должны осуществляться с использованием имитационных моделей. Система ИМЕТРА позволяет создавать имитационные модели больших железнодорожных полигонов и проводить на них исследования.

Список литературы

1 Макарошкин, А. М. Использование и развитие пропускной способности железных дорог / А. М. Макарошкин, Ю. В. Дьяков. – Москва : Транспорт, 1981. – 287 с.

2 Сирина, Н. Ф. Выбор оптимального варианта формирования и регулирования соединенных поездов / Н. Ф. Сирина, П. Е. Раевская // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1 (61). – С. 53–61. – ISSN 2079 – 0392.

3 Патент № 2734044 Российская Федерация, МПК B61L 27/00. Система для определения пропускной способности участка железной дороги : № 2019137146 : заявл. 19.11.2019 : опубл. 12.10.2020 / П. Е. Раевская, Н. Ф. Сирина [и др.]. – 15 с.

4 Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД» : утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 04.03.2022 № 545р. –

References

1 Makarochkin, A. M. Use and development of railway capacity / A. M. Makarochkin, Yu. V. Dyakov – Moscow : Transport, 1981. – 287 p.

2 Sirina, N. F. Selection of the optimal option for the formation and regulation of connected trains / N. F. Sirina, P. E. Raevskaya // Herald of the Ural State University of Railway Engineering. – 2024. – No. 1 (61). – P. 53–61. – ISSN 2079 – 0392.

3 Patent No. 2734044 Russian Federation. IPC B61L 27/00. System for Determining the Capacity of a Railway Section : No. 2019137146 : declared on 19.11.2019 : published on 12.10.2020 / P. E. Raevskaya, N. F. Sirina [et al.]. – 15 p.

4 Instructions for calculating the throughput and carrying capacity of railways of JSC Russian Railways : approved by Order of JSC

URL:

<https://base.garant.ru/407014958/?ysclid=mfgvpdo7dh474936967> (дата обращения: 11.09.2025).

5 Инструкция по организации обращения грузовых поездов повышенной массы и длины на железнодорожных путях общего пользования : утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 01.09.2016 № 1799р.

– URL: <https://base.garant.ru/72083546/?ysclid=mfgvrzctb417321052> (дата обращения: 11.09.2025).

6 **Козлов, П. А.** Макромоделирование железнодорожных станций и узлов / П. А. Козлов, Н. А. Тушин, И. Г. Слободянюк // Наука и техника транспорта. – 2015. – № 2. – С. 82–88. – ISSN 2074-9325.

7 **Козлов, П. А.** Расчет параметров гармонически построенной сети железных дорог / П. А. Козлов, В. С. Колокольников, Н. А. Тушин // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 12. – С. 18–21. – ISSN 0044-4448.

8 О технологии расчета систем железнодорожного транспорта / П. А. Козлов, В. П. Козлова, О. В. Осокин, Н. А. Тушин // Транспорт Урала. – 2022. – № 3 (74). – С. 3–9. – DOI 10.20291/1815-9400-2022-3-3-9.

9 Полигонные технологии движения поездов по графикам на основе автоматизированной системы «Эльбрус» / Л. А. Мугинштейн [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 3. – С. 13–19. – ISSN 0044-4448.

10 **Козлов, П. А.** От Кузбасса до Усть-Луги – единая модель / П. А. Козлов, И. О. Набойченко, В. Ю. Пермикин // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 3. – С. 26–29. – ISSN 0044-4448.

Russian Railways dated March 4, 2022, No. 545r. – URL: <https://base.garant.ru/407014958/?ysclid=mfgvpdo7dh474936967> (date of access: 11.09.2025).

5 Instructions for organizing the handling of overweight and long freight trains on public railways : approved by Order of JSC Russian Railways dated September 1, 2016, No. 1799r. – URL: <https://base.garant.ru/72083546/?ysclid=mfgvrzctb417321052> (date of access: 11.09.2025).

6 **Kozlov, P. A.** Macromodeling of railway stations and junctions / P. A. Kozlov, N. A. Tushin, I. G. Slobodanyuk // Science and Technology of Transport. – 2015. – No. 2. – P. 82–88. – ISSN 2074-9325.

7 **Kozlov, P. A.** Calculation of parameters of a harmonically constructed railway network / P. A. Kozlov, V. S. Kolokolnikov, N. A. Tushin // Railway transport. – 2018. – No. 12. – P. 18–21. – ISSN 0044-4448.

8 On the technology of calculating railway transport systems / P. A. Kozlov, V. P. Kozlova, O. V. Osokin, N. A. Tushin // Transport of the Urals. – 2022. – No. 3 (74). – P. 3–9. – DOI 10.20291/1815-9400-2022-3-3-9.

9 Polygon technologies for train movement according to schedules based on the automated system "Elbrus" / L. A. Muginshtein [et al.] // Railway transport. – 2015. – No. 3. – P. 13–19. – ISSN 0044-4448.

10 **Kozlov, P. A.** From Kuzbass to Ust-Luga – a single model / P. A. Kozlov, I. O. Naboichenko, V. Yu. Permikin // Railway transport, 2016. – No. 3. – P. 26–29. – ISSN 0044-4448.

P. E. Raevskaya, N. F. Sirina, K. M. Timukhin, N. A. Tushin

CALCULATION OF THE RAILWAY CAPACITY OF THE POLYGON WITH A FORCED TRAIN SCHEDULE

Abstract. The presented article is devoted to the study and assessment of the railway polygon capacity in the context of the introduction of a forced train schedule, characterized by the integration of connected trains into the traffic system. The authors conduct a comparative analysis of the methods for determining the capacity, based on a comparison of the results obtained by applying an analytical formula used in practice and the results generated by simulation modeling. The paper concludes that it is advisable and necessary to use a specialized software package (IMETRA system) to build realistic models of railway track operation that adequately reflect the complex interactions of the elements of the transport system. The article presents the results of experimental studies carried out on the basis of a simulation model developed at the Ural State Transport University, aimed at analyzing the impact of a forced train schedule on delays for various categories of trains. The results obtained make it possible to evaluate the effectiveness of the forced schedule implementation and identify potential bottlenecks in the functioning of the railway polygon.

Keywords: crossing capacity, forced schedule, double trains, simulation modeling, IMETRA system, railway polygon.

For citation: Calculation of the railway capacity of the polygon with a forced train schedule / P. E. Raevskaya, N. F. Sirina, K. M. Timukhin, N. A. Tushin // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2025. – No. 3. – P. 162–170. – DOI 10.46973/0201–727X_2025_3_162.

Сведения об авторах

Раевская Полина Евгеньевна

Забайкальский институт
железнодорожного транспорта – филиал
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный
университет путей сообщения» в г. Чите
(ЗабИЖТ ИрГУПС),
кафедра «Управление процессами
перевозок»,
старший преподаватель,
e-mail: polina.volo@mail.ru

Сирина Нина Фридриховна

Уральский государственный университет
путей сообщения (УрГУПС),
доктор технических наук, профессор,
проректор по учебной работе и связям
с производством,
e-mail: nsirina@usurt.ru

Тимухин Кирилл Максимович

Уральский государственный университет
путей сообщения (УрГУПС),
кафедра «Станции, узлы и грузовая
работа»,
кандидат технических наук, доцент,
e-mail: KTimuhin@usurt.ru

Тушин Николай Андреевич

Уральский государственный университет
путей сообщения (УрГУПС),
кафедра «Управление эксплуатационной
работой»,
доктор технических наук, профессор,
e-mail: NTushin@usurt.ru

Information about the authors

Raevskaya Polina Evgenievna

Trans-Baikal Institute of Railway Transport –
branch of the FSBEI of HE “Irkutsk State Transport
University” in Chita (ZabIZhT IrGUPS),
Chair “Transportation Process Management”,
Senior Lecturer,
e-mail: polina.volo@mail.ru

Sirina Nina Fridrikhovna

Ural State University of Railway Transport
(USURT)
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Vice-Rector for Academic Affairs and Industrial
Relations,
e-mail: nsirina@usurt.ru

Timukhin Kirill Maksimovich

Ural State University of Railway Transport
(USURT),
Chair “Stations, Junctions and Freight Operation”,
Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor,
e-mail: KTimuhin@usurt.ru

Tushin Nikolay Andreevich

Ural State University of Railway Transport
(USURT),
Chair “Operational Management”,
Doctor of Engineering Sciences, Professor,
e-mail: NTushin@usurt.ru