

Алгоритм определения интервала отправления поездов с учетом ритмичности их движения



М. А. Марченко,
аспирант кафедры
«Управление
эксплуатационной
работой» Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС)



О. Д. Покровская,
д-р техн. наук, заведующая
кафедрой «Управление
эксплуатационной
работой» ПГУПС

В рамках решения актуальной проблемы повышения пропускной и провозной способностей железных дорог России весомой разработкой является алгоритм определения оптимального интервала между отправляемыми пакетами поездов. Апробация в реальных условиях доказала его эффективность и целесообразность внедрения на сети российских железных дорог.

Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 г. подразумевает поэтапное развитие сферы железнодорожного транспорта. В частности, предусмотрено увеличение провозных и пропускных способностей железных дорог, цифровизация бизнес-процессов на транспорте и повышение качества оказываемых услуг¹.

Активно реализуются положения стратегии: проводятся технические реконструкции участков и целых полигонов (укладка дополнительных главных путей, сооружение и реконструкция раздельных пунктов, совершенствование устройств автоматики и телемеханики), испытываются и внедряются новые технологии организации пропуска поездов (например, «виртуальная сцепка»), активно обновляется подвижной состав [1–10]. Однако на фоне технических мероприятий не следует забывать о технологических, которые также способствуют повышению пропускной и провозной способностей железных дорог при меньших капитальных вложениях.

Технологические мероприятия представляют собой пересмотр конфигурации действующего графика движения поездов, организацию сдвоенных поездов, оптимизацию подвода поездов к сортировочным и портовым станциям.

В то же время мало внимания уделяется вопросу организации движения поездов с учетом ритмичности их движения. Современная тенденция реконструкционных и организационных мероприятий направлена преимущественно на уменьшение межпоездного интервала с обеспечением безопасности движения поездов. Согласно применяемым на данный момент формулам расчета пропускной способ-

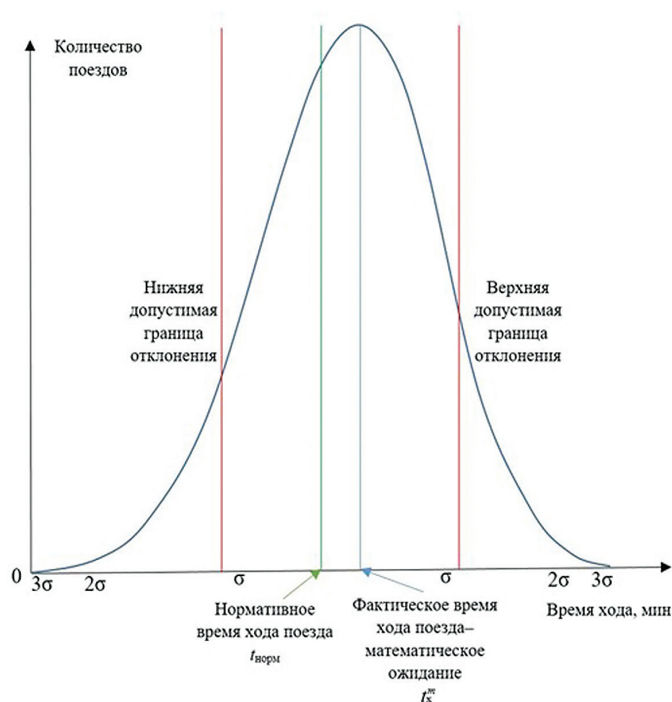


Рис. 1. Концепция учета отклонений при движении поездов

ности^{2,3,4}, ее значение должно увеличиваться обратно пропорционально уменьшению межпоездного интервала. Однако на практике этого не происходит.

Д. Ю. Левин в своих исследованиях [11] доказал, что при уменьшении интервала отправляемых поездов на перегон пропускная способность возрастает линейно до определенной величины, после чего начинается ее снижение. На практике оно заключается в том, что при определенном количестве отправленных поездов на участок за смену с этого участка прибудет меньшее количество поездов. Такое явление получило название «перенасыщение поездопотока». В данном исследовании предлагается на его основе разработать алгоритм, позволяющий опре-

¹ Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 г. № 3363-р. М.: Правительство Российской Федерации, 2021. 282 с.

² Инструкция по расчету пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД». Утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 04.03.2022 г. № 128. М.: ОАО «РЖД», 2022. 364 с.

³ Инструкция по определению станционных и межпоездных интервалов. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 30.12.2011. № 2864р.

⁴ Инструкция по учету выполнения графика движения пассажирских, пригородных и грузовых поездов. Утв. Распоряжением министерством путей сообщения Российской Федерации от 30.09.2002. № ЦЧУ-919.



Рис. 2. Алгоритм изменения интервала отправления

трем блок-участкам, сопоставляется со скоростью другого поезда на перегоне и делается расчет согласно формуле

$$\frac{(p_{3-п} - r)l_{6л}}{W_п - W_3} \geq t_3 - t_п, \quad (7)$$

где $p_{3-п}$ — число блок-участков, разделяющих поезда на перегоне;

$W_п, W_3$ — скорости поездов на участке;

r — минимальное число блок-участков, разграничивающих поезда;

$l_{6л}$ — длина блок-участка;

$t_3, t_п$ — прогнозные время хода поездов, вычисляется путем приращения времени хода при проследовании поездом блок-участка.

Если неравенство (7) соблюдается, значит угроза сближения поездов отсутствует и вероятность дальнейшего сбоя в движении поездов стремится к нулю. В случае невыполнения неравенства через автоматизированную систему поездной диспетчер получает подсказку, что поездопоток на участке уплотнен и следует осуществлять отправление поездов с увеличенным интервалом. Алгоритм интервала показан на рис. 2.

В рамках работы предложена математическая модель, отражающая движение поездов с учетом ритмичности. Она верифицирована с реальными данными с расхождением в 6%, что позволяет говорить об ее адекватности [15, 16]. Основное отличие от используемых моделей состоит в учете влияний внешних факторов на движущийся поезд. Модель выглядит следующим образом (рис. 3).

Предложенная модель позволила отразить эффективность применения предложенного алгоритма в реальных условиях. Было достигнуто увеличение технической скорости поездов на участке, вследствие чего эффективность использования пропускной способности увеличилась на 10%. Результаты изменения данных показателей отражены на гистограммах, приведенных на рис. 4.

Рост количества пропущенных поездов, несмотря на увеличение интервала, достигается за счет увеличения скорости их движения по участку и снижения насыщенности поездопотока.

Таким образом, увеличение провозной способности может быть достигнуто не только совершенствованием систем железнодорожной автоматики и телемеханики, но и за счет организационных мер, к которым относится внедрение на сети ОАО «РЖД» предложенного в исследовании алгоритма, позволяющего организовать движение поездов с минимизацией их влияния

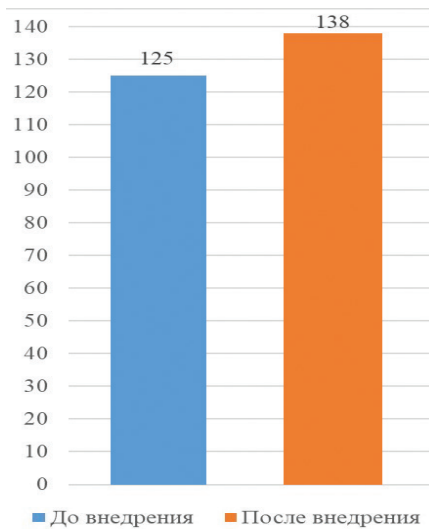


Рис. 4. Изменение числа пропущенных поездов

друг на друга вследствие ритмичности движения.

Данное исследование открывает перспективы к разработке нового инструментария расчета пропускной способности, в котором будет учтена ритмичность движения поездов. Это позволит осуществлять технологические мероприятия по увеличению пропускной способности с большей эффективностью и меньшими капитальными вложениями.

Увеличение интервала между пакетами поездов обеспечивает их следование исключительно на зеленые показания проходных светофоров, не допуская увеличения отклонений от нормативного значения и снижения участковой скорости движения поездов. Это позволит расширить возможности для увеличения объемов провозной способности на сети ОАО «РЖД», что повысит уровень качества транспортного обслуживания клиентов и конкурентные позиции железнодорожного транспорта на рынке грузовых и пассажирских перевозок. ■

Источники

1. Баранов А. М. Развитие пропускной и провозной способности однопутных линий // Труды ВНИИЖТ. 1964. Вып. 280. 196 с.
2. Костырко И. М. Ритмичность в грузовой и поездной работе. М.: Трансжелдориздат, 1953.
3. Тихомиров И. Г. Интенсификация использования подвижного состава и перевозочной мощности железных дорог. М.: Транспорт, 1968.
4. Сай В. М. Организация «окон» в графике движения поездов при содержании транспортной инфраструктуры // Вестник Уральского государственного

университета путей сообщения. 2009. № 1–2. С. 51–57.

5. Бадецкий А. П., Бессолицын А. С. Метод выбора очередности ввода поездов в график движения после «окна» // Интеллектуальные системы на транспорте: сборник материалов четвертой МНПК «Интеллект Транс 2014. СПб.: ПГУПС, 2013. С. 372–377.
6. Сотников Е. А., Шенфельд К. П. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на потребную пропускную способность участков // Вестник ВНИИЖТ. 2011. № 5. С. 3–9.
7. Рыбин П. К., Четчуев М. В. Особенности развития припортовых железнодорожных узлов: оптимизация инфраструктурных решений и технология взаимодействия видов транспорта // Бюллетень ученого совета АО «ИЭРТ». 2022. № 7. С. 68–71. EDN: DJPAOA.
8. Бадецкий А. П., Медведь О. А. Онтологический подход к разработке единой базы знаний мультимодальных перевозок // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2023. Т. 20. № 1. С. 182–193. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-182-193. EDN: AOSRGY.
9. Кайгородова А. Ю., Рыбин П. К. Факторы, влияющие на возможность увеличения объема работы грузового терминала порта // Сборник трудов LXXXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Транспорт: проблемы, идеи, перспективы». СПб., 2021. С. 43–48. EDN: CQSHNA.
10. Виртуальная сцепка // Гудок. 2023. № 05 (024). URL: <https://gudok.ru/zdr/172/?ID=1626719> (дата обращения: 04.03.2025).
11. Левин Д. Ю. Оптимизация потоков поездов. М.: Транспорт, 1988. 175 с.
12. Чернюгов А. Д. Организация безостановочных обгонов на двухпутных линиях // Вестник ВНИИЖТ. 1964. № 6. С. 58–62.
13. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учебник для вузов. 6-е изд. стер. М.: Высш. шк., 1999. 576 с.
14. Гарбарук В. В., Пупышева Ю. Ю. Математическая статистика. СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. 56 с.
15. Максимова Н. Н. Математическое моделирование: учебно-методическое пособие. Благовещенск: Изд-во АмГУ, 2019. 88 с.
16. Звонарев С. В. Основы математического моделирования: учебное пособие. Екб: Изд-во Урал. ун-та, 2019. 112 с.