

УДК 656.2

DOI: 10.24412/3033-6007-2026-238-4-12

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ ТРАНЗИТА: МЕТОДОЛОГИЯ ЦИФРОВОГО РАСКРЫТИЯ ПОТЕНЦИАЛА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Долгий А.И.^{1,1}, Вуколов А.В.^{1,2}, Никонюк А.А.^{1,3}

¹ Акционерное общество «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (АО «НИИАС»), Москва, Россия.

E-mail: ¹ a.dolgiy@vniias.ru, ² a.vukolov@vniias.ru, ³ a.nikonyuk@vniias.ru

Аннотация. Стратегическое развитие ОАО «РЖД» неразрывно связано с внедрением роботизированных комплексов и интеллектуальных систем управления. В статье обосновывается необходимость перехода от традиционных, зачастую реактивных, методов управления к сквозной цифровой методологии, охватывающей как работу сортировочных станций, так и полигона в целом. Предлагаемый подход фокусируется на использовании «окон возможностей», позволяющих формировать дальние сквозные и двухгруппные поезда, минуя излишние переработки. Это способно кардинально снизить эксплуатационные издержки, сократить оборот вагона и высвободить значительные внутренние резервы сети. Ключевым инструментом реализации становится интеграция систем искусственного интеллекта и анализа больших данных для прогнозного управления и достижения синергии между цифровыми станциями и полигоном управления. Предлагаемый подход обеспечит увеличение доли сквозных поездов собственного формирования, следующих в дальнем сообщении без переработки на попутных сортировочных станциях. Это позволит сохранить эффект от внедрения интеллектуальных алгоритмов поездообразования в рамках системы «Цифровая железнодорожная станция». В свою очередь оптимизация маршрутов вагонопотоков в масштабах полигонов сети железных дорог на всем протяжении перевозки способствует сокращению накладных расходов и минимизации потерь в соотношении эксплуатационного и тарифного грузооборота.

Ключевые слова: цифровая железнодорожная станция (ЦЖС), «окна возможностей», адаптивное планирование, сквозные поезда, интеллектуальное поездообразование, оптимизация вагонопотоков, большие данные, искусственный интеллект, эксплуатационная эффективность, полигонное управление.

Для цитирования:

Долгий А.И., Вуколов А.В., Никонюк А.А. Интеллектуальная маршрутизация транзита: методология цифрового раскрытия потенциала железнодорожных станций. *Интеллектуальный транспорт*. 2026. № 2(38). С. 4–12. DOI: 10.24412/3033-6007-2026-238-4-12.

Введение: вызовы новой логистической реальности

Существующая организация перевозочного процесса на сети российских железных дорог исторически базируется на: графике движения, техническом нормировании и плане формирования поездов [1]. Эта система, эффективная в условиях плановой экономики и инвентарного парка вагонов, столкнулась с фундаментальными вызовами после реформирования отрасли. Переход парка грузовых вагонов в собственность множества частных операторов (свыше 1800 компаний) привел к утрате централизованного регулирования порожних пробегов. В результате возникли системные технологические разрывы: резко возросло количество повторных переработок вагонов на попутных станциях, увеличился коэффициент разрыва между эксплуатационным и тарифным грузооборотом, вырос средний оборот вагона.

Современные условия работы железных дорог России характеризуются необходимостью преодоления ряда новых вызовов, наиболее значимыми из которых являются изменение конфигурации и структуры грузопотоков, проблемы технического и инфраструктурного развития и обеспечения новых потребностей в перевозках [2].

Новая структура логистических цепочек, характеризующаяся фрагментарностью и большим числом назначений, оказала экстремальное давление на опорные сортировочные станции. Это выразилось в росте углового вагонопотока, перегрузке сортировочных горок, дефиците тяговых ресурсов и, как следствие, в увеличении числа «отставленных» поездов [3]. Сеть, образно говоря, начала «перемещать больше, чем зарабатывать». Устаревшие информационные системы, не рассчитанные на обработку больших массивов данных в реальном времени, не могут адекватно реагировать на эти вызовы, предлагая лишь ретроспективный анализ. Такая модель управления, будучи изначально обоснованной в условиях функционирования инвентарного парка грузовых вагонов, устойчивых месячных грузопотоков и централизованного регулирования порожнего подвижного состава, с течением времени утратили свою эффективность и превратилась в системный источник технологических разрывов¹. Требуется принципиально новый, цифровой и проактивный подход к управлению способный к оперативной адаптации под динамически изменяющиеся параметры грузовой базы, обеспечивающей прослеживаемость вагонопотоков и переход от реактивного устранения сбоев к прогнозному управлению в режиме реального времени.

1. Концептуальные основы цифрового подхода: от реактивного к прогнозному управлению

Суть предлагаемой цифровой трансформации заключается в переходе от управления изолированными участками (станциями, диспетчерскими участками) к сквозному, интегрированному управлению перевозочным процессом на основе единой цифровой модели. Этот подход основан на двух взаимосвязанных принципах:

¹Концепция ПУПП. // Аналитический отчет 2022.

1. **Интеллектуальное поездообразование на станциях (Цифровая железнодорожная станция – ЦЖС):** автоматизация процессов планирования и исполнения операций, исключающая «человеческий фактор» как источник задержек и неоптимальных решений [4].
2. **Цифровое регулирование движения на полигонах:** синхронизация движения поездов, сформированных ЦЖС, для минимизации простоев и обеспечения беспрепятственного продвижения до следующего узла переработки.

Синхронная работа этих двух компонентов создает синергетический эффект, позволяющий замкнуть контур управления «станция – полигон» в единую саморегулируемую систему, где качество формирования поездов на выходе из ЦЖС напрямую определяет условия их проследования по участку, а сетевые ограничения в реальном времени транслируются в корректировку станционных алгоритмов работы. Однако его достижение невозможно без ключевого инновационного элемента – технологии выявления и использования «окон возможностей».

Введём определение «Окна возможностей». Под «окном возможностей» понимается уникальная временно-пространственная конфигурация ресурсов на станции: наличие на путях и в подходе критического количества вагонов нужных назначений, свободные мощности сортировочного парка, доступность локомотивов и бригад [5]. При совпадении этих факторов появляется возможность сформировать поезд дальнего (сквозного) или двухгруппного назначения, не предусмотренный жестким планом формирования.

В традиционной, «человекозависимой» системе такие возможности зачастую упускаются из-за недостижимости оперативного анализа огромного объема данных и согласования интересов с соседними станциями. Вагоны отправляются разрозненными группами, что на следующей технической станции неминуемо ведет к дополнительной переработке на горке. Запускается цепная реакция задержек и избыточных операций по всему маршруту следования.

Цифровая станция, оснащенная алгоритмами искусственного интеллекта для анализа больших данных [6, 7], способна в реальном времени идентифицировать эти «окна» и инициировать оптимальное решение. Эффект от использования одного такого «окна» каскадно распространяется по всему маршруту следования.

Анализ данных за март 2025 года по направлению от станции Челябинск-Главный к станции Кинель (рисунок 1) наглядно демонстрирует потенциал метода. Исследование показало, что лишь 14% вагонов, отправленных со станции Челябинск-Главный, следовали назначением непосредственно на Куйбышевскую дорогу, а 86% требовали переформирования на попутных станциях. При этом минимум 65% этого вагонопотока (назначением на Юго-Восточную, Северо-Кавказскую и Приволжскую дороги) представляли собой потенциал для маршрутизации в «окнах возможностей».

Моделирование на основе ретроспективных данных выявило, что ежегодно существовала возможность отправлять со станции Челябинск-Главный дополнительные сквозные и двухгруппные поезда на ключевые станции Лиски и Кочетовка. Годовой экономический эффект только от сокращения переработок на станции Кинель для этого вагонопотока мог составить около 3,6 млн рублей. С учетом исключения переработок на других попутных станциях (Сызрань I, Пенза III) суммарный эффект для данного направления возрастал до 6,15 млн рублей в год.



Рис. 1: Анализ перестроения поездов на попутной технической станции

Расчеты, экстраполированные на сеть из 24 крупнейших сортировочных станций, показывают, что прямой эффект от снижения количества переработок вагонов может достичь 234,24 млн рублей ежегодно [8].

2. Сопутствующие эффекты и синергия

Прямая экономия от сокращения переработок – лишь вершина айсберга. Использование «окон возможностей» генерирует значительные дополнительные выгоды:

1. **Сокращение остановок поездов.** Экономия на расходной ставке за каждую исключенную остановку.
2. **Оптимизация использования тяги и бригад.** Сокращение простоев поездов на станционных путях и времени захода локомотивных бригад в депо.
3. **Рост маршрутной скорости и сокращение оборота вагона.** Каждая пропущенная переработка экономит до 10 часов, что ускоряет доставку и высвобождает вагонный парк.
4. **Повышение надежности сроков доставки.** Снижает риски штрафов за просрочку [9].

Суммарный дополнительный сетевой эффект от этих факторов оценивается еще в 142,73 млн рублей в год. Таким образом, общий прогнозируемый годовой экономический потенциал от внедрения методологии «окон возможностей» превышает 376 млн рублей.

Более того, системное применение подхода может позволить:

- сократить избыточную переработку на горках до 1 млн вагонов ежегодно;
- высвободить из оборота эквивалент до 100 тысяч единиц порожнего парка;

- увеличить среднюю дальность проследования вагона между переработками с 1000 км до 1100-1150 км.

3. Системные выводы

Переход к новой методологии требует не просто автоматизации существующих процессов, а концептуального пересмотра принципов управления. Необходимо движение от локальной максимизации показателей отдельной станции («отправь быстрее и больше») к глобальной оптимизации опорной сети цифровых станций и полигонов («точнее и дешевле» для всей системы) [10].

Повышение операционной эффективности достигается посредством реализации следующих факторов:

- минимизация внутрисетевой повторной переработки вагонопотоков за счёт исключения избыточных сортировок;
- сокращение числа технических остановок маршрутных отправок в транзитном следовании;
- рационализация занятости локомотивного парка и времени работы локомотивных бригад путём устранения межоперационных простоев;
- ускорение оборота вагонов как интегрального показателя качества полигонных технологий;
- обеспечение гарантированной точности доставки грузов к нормативному сроку прибытия.

В целом повышение эффективности возможно за счет:

- снижения числа повторных переработок вагонов;
- сокращения количества остановок для прямых поездов;
- оптимизации времени использования локомотивов и локомотивных бригад;
- сокращения времени оборота вагона;
- повышения надежности срока доставки на станцию назначения.

Технологически это означает развитие полигонных систем управления, основанных на сквозном динамическом построении адаптивного плана формирования. За основу может быть взята существующая Автоматизированная система организации вагонопотоков (АС ОВ), усиленная цифровыми инструментами и искусственным интеллектом. Эти инструменты должны в режиме реального времени анализировать ситуацию с глубиной горизонта планирования 12-18 часов, выявлять «окна возможностей» и давать рекомендации по адаптивной корректировке планов на полигонном и центральном уровнях [11].

Особую перспективу представляют двухгруппные поезда. Они требуют меньше времени накопления, чем сквозные, а их обработка на попутной станции может производиться в транзитном парке, минуя сортировочную горку, что значительно снижает операционную нагрузку на узлы.

Список литературы

- [1] Солоп И. А., Солоп С. А., Чеботарева Е. А. Новые сквозные цифровые технологии организации перевозочного процесса // Научный взгляд в будущее. – 2018. – Т. 2. – №. 9. – С. 30-39.
- [2] Бородин А.Ф., Николаев К.Ю., Шиндеров Р.В., Прозоров В.В. Организация вагонопотоков: условия, ограничения, цифровые решения // Железнодорожный транспорт. – 2025. – № 6. – С. 11-19.
- [3] Шайков С. В. Системный подход в организации перевозочного процесса на железнодорожном транспорте // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2007. – №. 3. – С. 177-180.
- [4] Андреев В.Е., Долгий А.И., Кудюкин В.В. [и др.] Цифровая железнодорожная станция – от концепции к реальному внедрению. // Автоматика, связь, информатика. – 2023. – № 9. – С. 2-6.
- [5] Шенфельд К.П. О показателях качества организации перевозочного процесса. // «Железнодорожный транспорт». – 2011. – №. 3. – С. 64-67
- [6] Пузеренко А.В., Максимов К.Ю., Боровлев П.В., Суханов А.В. Использование концепции «Ошибочного» класса для повышения качества распознавания номеров железнодорожных подвижных единиц // Интеллектуальный транспорт. – 2025. – Т. 9, № 1(33). – С. 27-32.
- [7] Бушуев С.В., Костров А.А., Ольгейзер И.А. Цифровая железнодорожная станция: пример формализации алгоритма приема грузового поезда // Интеллектуальный транспорт. – 2025. – Т. 9, № 3(35). – С. 77-85.
- [8] Долгий А.И., Вуколов А.В., Никонюк А.А. Цифровой подход к созданию новой методологии управления перевозочным процессом // Принята к публикации Транспорт Российской Федерации. – 2026. – № 6.
- [9] Фролов В.Ф. Новые подходы к управлению перевозочным процессом. // Железнодорожный транспорт. – 2014. – №. 4. – С. 14-18.
- [10] Хатламаджиян А. Е., Яицков И. А., Степин И. А. Применение современных цифровых технологий и технических средств для повышения безопасности и эффективности перевозочного процесса подвижного состава // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – №. 1. – С. 107-110.
- [11] Луцкая М.И., Эрлих Н.В. Роль цифровой трансформации в перевозочном процессе. // Наука и образование: достижения и перспективы : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Саратов, 21 декабря 2023 года. – Самара – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит». – 2023. – С. 297-302.

INTELLIGENT TRANSIT ROUTING: A DIGITAL METHODOLOGY FOR UNLOCKING THE POTENTIAL OF RAILWAY STATIONS

Dolgiy A. I.^{1,1}, Vukolov A. V.^{1,2}, Nikonyuk A. A.^{1,3}

¹ Joint Stock Company «Research and Design Institute for Informatization, Automation and Communication in Railway Transport» (JSC «NIIAS»), Moscow, Russia.

E-mail: ¹ a.dolgiy@vniias.ru, ² a.vukolov@vniias.ru, ³ a.nikonyuk@vniias.ru

Abstract. The strategic development of Russian Railways (JSCo «RZD») is inextricably linked with the introduction of robotic complexes and intelligent control systems. The article substantiates the need for a transition from traditional, often reactive, management methods to an end-to-end digital methodology covering both the operation of marshalling yards and the polygon as a whole. The proposed approach focuses on the use of «windows of opportunity», which make it possible to form long-distance through and two-group trains, bypassing unnecessary reprocessing. This can radically reduce operating costs, shorten wagon turnover, and release significant internal reserves of the network. The key tool for implementation is the integration of artificial intelligence systems and big data analytics for predictive management and achieving synergy between digital stations and the control polygon. The proposed approach will ensure an increase in the share of self-formed through trains operating in long-distance service without reprocessing at intermediate marshalling yards. This will preserve the effect of the introduction of intelligent train formation algorithms within the «Digital Railway Station» system. In turn, the optimization of wagon flow routes across the railway network polygons throughout the entire transportation route helps to reduce overhead costs and minimize losses in the ratio of operational and tariff freight turnover.

Keywords: *digital railway station (DRS), «windows of opportunity», adaptive planning, through trains, intelligent train formation, wagon flow optimization, big data, artificial intelligence, operational efficiency, polygon-based management.*

References

- [1] Solop I.A., Solop S.A., Chebotareva E.A. Novyye skvoznyye tsifrovyye tekhnologii organizatsii transportnogo protsessa (New end-to-end digital technologies for organizing the transportation process). Nauchnyy vzglyad v budushcheye (A Scientific Look into the Future), 2018, no. 2(9), pp. 30-39. (in Russian)
- [2] Borodin A.F., Nikolaev K.Yu., Shinderov R.V., Prozorov V.V. Borodin A.F., Nikolaev K.Yu., Shinderov R.V., Prozorov V.V. Organizatsiya vagonopotokov: usloviya, ogranicheniya, tsifrovyye resheniya (Organization of Railcar Flows: Conditions, Constraints, and Digital Solutions). Zheleznodorozhnyy transport (Railway transport), 2026, no. 6, pp. 11-19. (in Russian)
- [3] Shaikov S.V. Shaikov S.V. Sistemnyy podkhod v organizatsii perevoznogo protsessa na zheleznodorozhnom transporte. (System Approach in the Organization of the Transportation Process in Railway Transport). Vestnik IzhGTU (Bulletin of IzhSTU), 2007, no. 3, pp. 177-180 (in Russian)

For citation:

Dolgiy A. I., Vukolov A. V., Nikonyuk A. A. Intelligent Transit Routing: A Digital Methodology for Unlocking the Potential of Railway Stations. *Intelligent transport*, 2026, no. 2(38), pp. 4-12. DOI: 10.24412/3033-6007-2026-238-4-12. (in Russian)

- [4] Andreev V.E., Dolgiy A.I., Kudyukin V.V. [et al.] Tsifrovaya zheleznodorozhnaya stantsiya – ot kontseptsii k realnomu vnedreniyu (Digital railway station – from concept to real implementation). *Avtomatika, svyaz, informatika* (Automation, communication, informatics), 2023, no. 9, pp. 2-6. (in Russian)
- [5] Shenfeld K.P. Shenfeld K.P. O pokazatelyakh kachestva organizatsii perevozochnogo protsessa (On indicators of the quality of organization of the transportation process). *Zheleznodorozhnyy transport* (Railway transport), 2011, no. 3, pp. 64–67. (in Russian)
- [6] Puzerenko A.V., Maksimov K.Yu., Borovlev P.V., Sukhanov A.V. Puzerenko A.V., Maksimov K.Yu., Borovlev P.V., Sukhanov A.V. Ispolzovaniye kontseptsii «Oshibochnogo» klassa dlya povysheniya kachestva raspoznavaniya nomerov zheleznodorozhnykh podvizhnykh yedinit (Using the concept of an «erroneous» class to improve the quality of recognition of railway rolling stock numbers). *Intellektualnyy transport* (Intelligent transport), 2025, vol. 9, no. 1(33), pp. 27-32. (in Russian)
- [7] Bushuev S.V., Kostrov A.A., Olgeyzer I.A. Bushuev S.V., Kostrov A.A., Olgeyzer I.A. Tsifrovaya zheleznodorozhnaya stantsiya: primer formalizatsii algoritma priyema gruzovogo poyezda (Digital railway station: an example of formalizing the algorithm for receiving a freight train). *Intellektualnyy transport* (Intelligent transport), 2025, vol. 9, no. 3(35), pp. 77-85. (in Russian)
- [8] Dolgiy A.I., Vukolov A.V., Nikonyuk A.A. Dolgiy A.I., Vukolov A.V., Nikonyuk A.A. Tsifrovoy podkhod k sozdaniyu novoy metodologii upravleniya perevozochnym protsessom (Digital approach to creating a new methodology for managing the transportation process). Accepted in: *Transport Rossiyskoy Federatsii* (Transport of the Russian Federation), 2026, no. 6. (in Russian)
- [9] Frolov V.F. Frolov V.F. Novyye podkhody k upravleniyu perevozochnym protsessom (New approaches to managing the transportation process). *Zheleznodorozhnyy transport* (Railway transport), 2014, no. 4, pp. 14-18. (in Russian)
- [10] Khatlamadzhyan A.E., Yaitskov I.A., Stepin I.A. Khatlamadzhyan A.E., Yaitskov I.A., Stepin I.A. Prime-neniye sovremennykh tsifrovyykh tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv dlya povysheniya bezopasnosti i effektivnosti perevozochnogo protsessa podvizhnogo sostava (Application of modern digital technologies and technical means to improve the safety and efficiency of the rolling stock transportation process). *Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya* (Proceedings of the Rostov State Transport University), 2020, no. 1, pp. 107-110. (in Russian)
- [11] Lutsкая M.I., Erlikh N.V. Lutsкая M.I., Erlikh N.V. Rol tsifrovoy transformatsii v perevozochnom protsesse (The role of digital transformation in the transportation process). *Nauka i obrazovaniye: dos-tizheniya i perspektivy: Materialy VIII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, Saratov, 21 dekabrya 2023 goda (Science and education: achievements and prospects: Proceedings of the VIII International scientific-practical conference, Saratov, December 21, 2023). Samara-Saratov: Amirit LLC, 2023, pp. 297-302. (in Russian)