

3 Республиканская программа развития логистической системы и транзитного потенциала на 2016–2020 годы. – Утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 18 июля 2016 г., № 560.

4 Сладкевич, А. Н. Практика внедрения инновационных технологий в организацию перевозочного процесса / А. Н. Сладкевич // Тихомировские чтения: Инновационные технологии перевозочного процесса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ; под общ. ред А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ, 2019. – С. 24–29.

5 Кузнецов, В. Г. Оперирование вагонным парком на железной дороге: перспективы развития / В. Г. Кузнецов // Тихомировские чтения: Инновационные технологии перевозочного процесса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. ; под общ. ред А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ, 2019. – С. 92–95.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Сладкевич Андрей Николаевич, г. Минск, РТЭУП «БЕЛИНТЕРТРАНС – транспортно-логистический центр», генеральный директор, btlc@belint.by.

УДК 656.21.05

О МЕТОДИЧЕСКИХ ПРИНЦИПАХ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ И УЗЛОВ

А. Ф. БОРОДИН

АО «Институт экономики и развития транспорта», г. Москва Российская Федерация

Организация работы и перспективное развитие узлов и направлений железнодорожной сети должны соответствовать современным вызовам, важнейшие из которых – высокая неопределенность спроса на пассажирские и грузовые перевозки при большой дифференциации требований к их качеству; жесткие ограничения доступных инвестиционных ресурсов и проектно-строительных мощностей; возросшие требования экологической и транспортной безопасности; тенденция трансформации чисто железнодорожных компаний в транспортно-логистические.

Уровень и сложность автоматизируемых процессов требуют переосмысления постановок и методов решения рассматриваемых задач, которые должны обеспечить [1]: моделирование и оптимизацию инфраструктурных и технологических условий; комплексное планирование; прогнозную аналитику и оценку рисков.

Комплексное решение проблемы развития и использования железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов в условиях текущей эксплуатации должно обеспечивать, во-первых, достаточную инвариантность наборов реконструктивных мероприятий к конъюнктурным изменениям транспортных потоков (грузовая база, пассажиропотоки, система управле-

ния вагонными парками); во-вторых, возможности для регулирования вагонопотоков за счет их перераспределения между элементами железнодорожной инфраструктуры [2, 3].

Методические принципы должны обеспечивать взаимоувязку расчетов для принятия эффективных решений на стадиях предпроектных обоснований, проектирования, организации строительства и последующей эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры. На каждой из этих стадий мы имеем дело со своей информационной структурой (доступная и потребная точность и детализация исходных данных, сроки их поступления), своими наборами целевых функций, управляемых переменных и ограничений. Модернизация и развитие рассматриваемых принципов ведутся в следующих направлениях.

1 Вариантные технологические режимы. Мощность технологических линий и емкость путевого развития недостаточно рассчитать исходя из поточковой нагрузки месяца максимальных перевозок и среднегодового бюджета времени готовности элементов инфраструктуры к пропуску данной нагрузки. Сезонность грузовых и пассажирских перевозок и периодичность планирования ремонтных работ требуют вычисления эффективных параметров вариантов режимов организации и продвижения транспортных потоков на каждый из внутригодовых расчетных периодов [2]. При этом порядок смены этих режимов должен быть технологически реализуемым и приемлемым по затратам, а перенастройка режимов функционирования должна снижать общую ресурсоёмкость перевозочного процесса (например, за счет перенаправления транзитных вагонопотоков, перераспределения сортировочной работы, дифференциации норм массы и длины составов, использования непарности движения).

2 Робастное управление. Проектно-изыскательские и строительно-монтажные работы, их ресурсное обеспечение – длительные и капиталоемкие процессы, результаты которых объективно не могут подстраиваться под меняющиеся условия функционирования объектов. Поэтому реконструктивные мероприятия должны отвечать требованиям инвариантности к изменениям исходных условий в определенных диапазонах значений оценочных функций. При этом, как показано в [4], будут определяться диапазоны потоковых нагрузок, в которых наборы реконструктивных мероприятий обеспечивают удержание оценочных функций в заданной области значений за счет управляющих воздействий исключительно в области технологии эксплуатационной работы. При этом наборы как реконструктивных, так и технологических мероприятий могут содержать стабильную и вариативную часть.

3 Гибридная технология моделирования. Решение проблемы оптимизации технологии перевозочного процесса и развития сети базируется на применении комплекса гибридных математических моделей в составе взаимодействующих прикладных автоматизированных систем [1, 5]. Вариан-

тообразование, структура и последовательность вычислительных экспериментов образуют технологию математического моделирования, компоненты которой обуславливаются спецификой решаемых задач и их декомпозицией.

Например, при расчётах вариантов реконструкции путевого развития отдельных пунктов, в том числе для организации движения поездов повышенной массы и длины, во избежание ненадёжных решений надо производить ряд графических расчетов на различные варианты поездообразования и подхода поездов. При этом графики движения поездов следует составлять не только в пределах ближайших к рассчитываемой станции перегонов, но и в целом на направлениях и полигонах в пределах, по крайней мере, взаимокорреспондирующих технических станций. Трудоёмкость таких вычислений требует совместного применения программ построения нормативного графика движения и имитационных систем. А это, по существу, новое методическое направление в обосновании проектных решений, которое отрабатывается в настоящее время [6].

4 Выбор границ объектов исследования и проектирования представляет собой самостоятельную методическую проблему, от решения которой зависят как технико-технологические результаты, так и экономическая эффективность проектов. В рамках решения этой проблемы следует структурировать как наборы управляемых переменных, так и показатели эффективности.

Например, в обоснованиях комплексных проектов развития полигонов железнодорожной сети, схемы размещения и развития сортировочных станций определяется пообъектный состав мероприятий и общая эффективность. В локальных проектах должны быть выполнены расчеты технико-экономических показателей проектных решений и обоснования выбора вариантов конкретных инвестиционных мероприятий.

Допустимо ли при обосновании потребного числа и длины станционных путей сопоставлять строительно-эксплуатационные затраты по их сооружению и последующему содержанию со стоимостью задержек поездов, как это делалось в работах [7, 8]. Для отдельно взятой станции – очевидно, нет (допускать по экономическим соображениям задержки поездов по неприёму станциями – идея более чем дискуссионная). Для полигона взаимокорреспондирующих станций – безусловно, да.

Ограничения по доступным инвестиционным ресурсам и проектно-строительным мощностям, по землеотводу и возможности перерывов движения для ведения работ реальны. Но при этом необходимо, во-первых, сгенерировать эффективную потоковую нагрузку (назначения, массы и длины поездов); во-вторых, концентрировать задержки поездов не на фазе неприёма на станцию, а на фазе регулирования отправления и пропуска поездов. А это, в свою очередь, должно приводить к тому, что пути всё равно укладываются (не на станции

назначения, так на станции отправления или на станции регулирования движения), только там, где это более эффективно и не создаёт излишних путевых емкостей. И тут просматривается ещё одна методическая проблема – как обеспечить достаточно высокую манёвренность подразделения железнодорожной сети при экономии средств, вкладываемых в инфраструктуру?

Для железнодорожной станции при выборе варианта организации её работы приоритеты расставлены следующим образом: 1) беспрепятственный приём поездов; 2) соблюдение графика отправления поездов; 3) соблюдение нормативов подачи и уборки вагонов при взаимодействии с железнодорожными путями необщего пользования; 4) экономичность внутростанционной работы. И в этом нет противоречия для экономически эффективной работы железнодорожного транспорта: первые три приоритета диктуются, учитывая принципы [9, 10], экономическими критериями транспортной системы более высокого уровня.

5 Мониторинг реализации принятых решений. Оценка результатов реализации инвестиционных мероприятий не сводится к арифметическому сравнению плановых и фактических целевых показателей. Динамичность транспортно-экономических связей такова, что функционирование объектов, введенных в эксплуатацию, происходит при потоковой структуре и окружении, которые существенно отличаются от запроектированных. Поэтому оценивать достигнутые результаты следует на основе расчетов по приведению контролируемых показателей к сопоставимым условиям.

В ОАО «РЖД» утверждена разработанная АО «ИЭРТ» Методика расчета планируемых и фактических показателей провозной и пропускной способностей полигонов. Она применяется для определения показателей результирующих пропускных и провозных способностей, предусмотренных Комплексным планом модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года и иными комплексными инфраструктурными проектами при нелинейной топологии расположения объектов инвестиций.

Дальнейшим развитием данного подхода должны быть постоянно действующие модельные комплексы. Так, имитационная модель Санкт-Петербургского узла [6], охватывающая 110 железнодорожных станций с комплексом магистральных ходов, соединительных ветвей, обслуживаемых морских терминалов, впервые разработана для объекта такого масштаба и уровня сложности. Модель должна быть востребована на всём периоде выполнения мероприятий по комплексному развитию узла с отработкой различных риск-сценариев и оценкой любых изменений, возникающих в ходе реализации проекта – сдвиги сроков ввода мощностей, вынужденного изменения характеристик объектов, изменений транспортных потоков, решений директивных органов.

В период эксплуатации реконструированных объектов сферой применения данной модели будет оценка вариантов технологии эксплуатационной работы и

взаимодействия с основными железнодорожными путями необщего пользования, обработка приёмов и параметров оперативного управления работой узла.

Список литературы

1 **Бородин, А. Ф.** Автоматизация решения задач развития и использования железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов в Стратегии цифровой трансформации ОАО «РЖД» / А. Ф. Бородин // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019) : Восьмая науч.-техн. конф. – М. : АО «НИИАС», 2019 г. – С. 22–26.

2 **Бородин, А. Ф.** Комплексные решения проблем развития и использования инфраструктуры и перевозочных ресурсов / А. Ф. Бородин // Мир транспорта. – 2017. – № 1. – С. 6–17.

3 **Бородин, А. Ф.** Проблемы разработки Генеральной схемы развития сети железных дорог ОАО «РЖД» / А. Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 8. – С. 34–42.

4 **Бородин, А. Ф.** Методические принципы решения задачи размещения и развития сортировочных станций железнодорожной сети в условиях неопределенности перспективных вагонопотоков / А. Ф. Бородин, Г. Г. Горбунов // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019) : материалы двенадцатой междунар. конф. ; под общ. ред. С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. – 2019. – С. 582–589.

5 **Бородин, А. Ф.** Алгоритмические решения задач эффективного использования и развития железнодорожной инфраструктуры и перевозочных ресурсов / А. Ф. Бородин [и др.] // Бюллетень Объединенного учёного совета ОАО «РЖД», 2019. – № 3. – С. 12–22.

6 **Бородин, А. Ф.** Принципы технологии грузового движения в Санкт-Петербургском железнодорожном узле при перспективной организации пассажирских перевозок / А. Ф. Бородин, К. Ю. Николаев, А. С. Петров // Бюллетень учёного совета АО «ИЭРТ» за 2019 год ; отв. ред. Я. Ю. Чибряков. – М. : ИЭРТ, 2020. – Вып. 5. – С. 60–67.

7 **Федотов, Н. И.** Мощность станционных устройств при колебаниях объема работы / Н. И. Федотов // Вопросы проектирования и организации работы железнодорожных станций : Труды НИИЖТ. – Новосибирск, 1968. – Вып. 81. – С. 4–97.

8 **Шабалин, Н. Н.** Оптимизация процесса переработки вагонов на станциях / Н. Н. Шабалин. – М. : Транспорт, 1973. – 182 с.

9 **Месарович, М. Д.** Теория иерархических многоуровневых систем / М. Д. Месарович, Д. Мако, И. Такахака. – М. : Мир, 1973. – 344 с.

10 **Михалевич, В. С.** Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем / В. С. Михалевич, В. Л. Волкович. – М. : Наука, 1982. – 288 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Бородин Андрей Федорович. г. Москва, Российская Федерация, АО «Институт экономики и развития транспорта», руководитель отделения, д-р техн. наук, профессор, Borodinaf@mail.ru