

на их матричном представлении. На основе анализа дерева достижимости или его матричного представления можно определить маркировку сети, которая приводит к принципиальной невозможности срабатывания отдельных переходов, что означает затруднение эксплуатационной работы на соответствующем элементе станции. Также для решения эксплуатационных задач можно производить анализ нежелательных или желательных свойств сетей Петри: ограниченность, безопасность, сохраняемость, живость и др. Моделировать различные эксплуатационные ситуации: изменение размера и структуры потока, закрытие пути, ограничение маневровых ресурсов и т. п.

Список литературы

1 **Мараховский, В. Б.** Моделирование параллельных процессов. Сети Петри. Курс для системных архитекторов, программистов, системных аналитиков, проектировщиков сложных систем управления / В. Б. Мараховский, Л. Я. Розенблум, А. В. Яковлев. – СПб. : Профессиональная литература, АйТи-Подготовка, 2014. – 400 с.

2 **Кузнецов, С. К.** Применение сетей Петри для моделирования железнодорожных систем / С. К. Кузнецов, А. И. Потехин // Труды XII Всероссийского совещания по проблемам управления (ВСПУ–2014, Москва). – М. : ИПУ РАН, 2014. – С. 4937–4946.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Козлов Владимир Геннадьевич, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», заведующий НИЛ «Управление перевозочным процессом», vvgkozlov@tut.by.

УДК 656.225

ИНФРАСТРУКТУРНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ С РАЗЛИЧНЫМИ КЛАССАМИ ПРИОРИТЕТОВ

С. Н. КОЛ

*ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта (МИИТ)»,
г. Москва*

Для эффективного пропуска грузовых поездов по расписанию [1] требуются резервы пропускной способности полигона. Это требует определенных резервов инфраструктуры и ресурсов (поездных локомотивов и бригад ПТО), так как инфраструктурные и ресурсные ограничения снижают пропускную способность, вызывают задержки. Инфраструктурные задержки возникают в основном из-за недостатка свободных путей приема на технических станциях. Следует отметить, что пути занимаются не только на время выполнения технологических операций, но и ожидания бригады ПТО или поездного

локомотива. Очевидно, что ресурсное обеспечение усилить легче, чем осуществить развитие инфраструктуры. Поэтому необходимо выяснить, в какой мере причиной задержек являются ограничения по инфраструктуре или ресурсам, выделить исключительно инфраструктурные задержки.

Для решения этой задачи был рассмотрен участок полигона от станции Буй до станции Лоста и выполнены проверочные расчеты в имитационной модели ИМЕТРА [2–6] при увеличенном числе локомотивов и бригад ПТО. Расчеты показали, что задержки из-за инфраструктурных ограничений по участку составили 52,2 мин на поезд, из-за ожидания бригад – 47,9 мин, из-за ожидания локомотивов – 1,2 мин, из-за нехватки путей на следующей технической станции – 12,6 мин. Установлены задержки на предыдущей станции Паприха из-за нехватки путей на ст. Лоста – 7,5 мин на поезд.

При увеличении числа бригад ПТО в полтора раза при том же количестве приоритетных поездов структура задержек менялась: из-за ограничений по участку – 60,8 мин на поезд, из-за ожидания бригад – 0,5 мин, из-за нехватки путей на следующей технической станции – 25,3 мин, из-за ожидания локомотивов задержек нет.

Значительное увеличение задержек из-за ограничений по участку объясняется тем, что в первом случае инфраструктурные задержки просто были скрыты задержками из-за ожидания бригад.

Чтобы наиболее корректно отобразить только инфраструктурные задержки, необходимо задать избыточное ресурсное обеспечение, то есть одновременно увеличить и число поездных локомотивов, и число бригад ПТО. По результатам расчетов в модели инфраструктурные задержки в сумме составили 62,9 мин на поезд при общем сокращении ресурсных задержек.

Однако 9 ниток графика для поездов по расписанию – это совсем немного. Эксперименты на модели показали, что максимально на выбранном полигоне можно пропустить 18 приоритетных поездов.

Если ресурсное обеспечение не увеличено, то задержки существенно возрастают: по участку – 101,2 мин вместо 52,4 мин на поезд, из-за путей на следующей технической станции – 50,4 вместо 12,6 мин. Также выросли задержки и на ст. Паприха – 20,2 вместо 7,5 мин на поезд.

При увеличении числа бригад уменьшаются задержки из-за участка в полтора раза и в два с лишним – из-за нехватки путей на следующей технической станции. При увеличении числа локомотивов суммарные инфраструктурные задержки составили 93,1 мин на поезд. При одновременном увеличении числа локомотивов и бригад инфраструктурные задержки все равно остаются значительными (78,6 мин на поезд).

Инфраструктурные и ресурсные задержки приводят к тому, что скорость пропуска поездопотока падает. При устранении ресурсных задержек причиной снижения скорости остаются только технический уровень развития инфраструктуры.

В имитационной модели были проведены соответствующие эксперименты и выявлена зависимость снижения маршрутной скорости при увеличении доли приоритетных поездов, при увеличении числа бригад ПТО в полтора раза (рисунок 1), при увеличении числа локомотивов (рисунок 2).

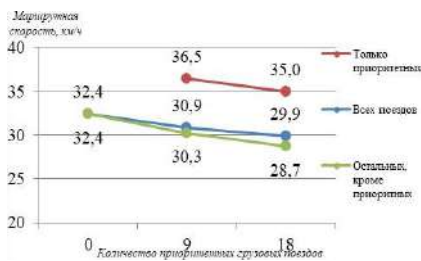


Рисунок 1 – Маршрутные скорости при отсутствии задержек из-за ожидания бригад ПТО

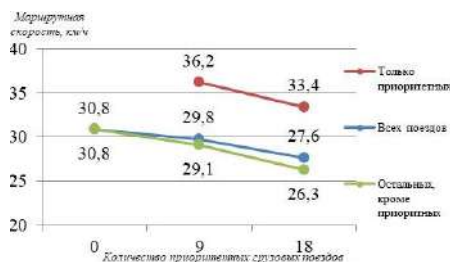


Рисунок 2 – Маршрутные скорости при отсутствии задержек из-за ожидания локомотивов

При увеличении в графике числа приоритетных поездов скорость пропуска поездопотока снижается. И даже при устранении задержек из-за ожидания бригад ПТО достаточных резервов пропускной способности нет. Увеличение числа поездных локомотивов имеет несколько меньший эффект, чем устранение задержек из-за бригад ПТО. Отсюда можно сделать следующий вывод: при существующих нормативах ресурсного обеспечения нехватка бригад ПТО сильнее затрудняет работу полигона, чем нехватка поездных локомотивов.

В следующем эксперименте было увеличено и число бригад, и число поездных локомотивов (рисунок 3).

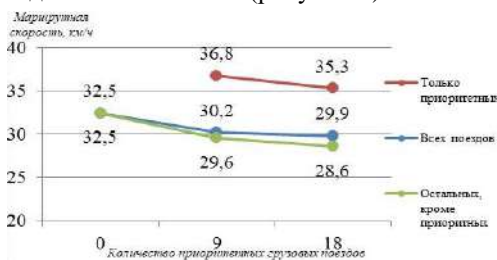


Рисунок 3 – Маршрутные скорости при отсутствии задержек из-за локомотивов и бригад

Из графиков видно, что даже при полном снятии ресурсных задержек введение 9 приоритетных поездов снижает среднюю маршрутную скорость. Следовательно, для устойчивой работы полигона при организации движения поездов с различными приоритетами требуется развитие инфраструктуры либо комплексные мероприятия [7].

Список литературы

1 **Бородин, А. Ф.** Технология работы железнодорожных направлений и система организации вагонопотоков / А. Ф. Бородин, А. П. Батулин, В. В. Панин. – М. : ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2017 – 366 с.

2 **Козлов, П. А.** Расчет и оптимизация полигонов железнодорожного транспорта / П. А. Козлов, В. С. Колокольников // Вестник РГУПС. – 2018. – № 3. – С. 113–119.

3 **Козлов, П. А.** Об имитационном моделировании и имитационных системах / П. А. Козлов, В. С. Колокольников, Е. В. Копылова // Транспорт Урала. – 2019. – № 1 (60). – С. 3–6.

4 **Козлов, П. А.** Исследование проектов развития железнодорожных станций и полигонов с помощью имитационного моделирования / П. А. Козлов, О. В. Осокин, В. С. Колокольников // Железнодорожный транспорт. – 2018. – № 6. – С. 12–16.

5 **Козлов, П. А.** Применение имитационного моделирования для исследования проектов развития железнодорожных станций и линий / П. А. Козлов, О. В. Осокин, В. С. Колокольников // Транспорт и логистика: инновационная инфраструктура, интеллектуальные и ресурсосберегающие технологии, экономика и управление : сб. науч. тр. II Междунар. науч.-практ. конф., Ростов-на-Дону, 7–8 февр. 2018 г. / Ростовский гос. ун-т путей сообщения. – Ростов н/Д., 2018. – С. 219–227.

6 **Козлова, В. П.** Технология оценки влияния инфраструктурных и ресурсных ограничений на пропуск поездов по расписанию / В. П. Козлова, С. Н. Кол // Железнодорожный транспорт. – 2021. – № 9. – С. 36–39.

7 Повышение и использование перевозочной мощности полигонов сети: эффективные стратегия и тактика / А. Ф. Бородин [и др.] // Железнодорожный транспорт. – 2022. – № 7. – С. 30–38.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Кол Светлана Николаевна, г. Москва, Российская Федерация, ФГАО УО «Российский университет транспорта (МИИТ)», канд. техн. наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте», uerb7@miit.ru.

УДК 656.073:347.7

**СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ
ТЕРМИНА «МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ»
В НОРМАТИВНО-ПРАВОВОМ ПОЛЕ**

О. В. КОРНЕЕВ

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

В современном обществе сформировалась потребность в мультимодальных перевозках пассажиров и грузов в крупном городе. В связи с увеличением численности, площади и плотности застройки городских населенных пунктов, переполнением индивидуальным транспортом, изменением маршрутов транспортная система перестает справляться с задачей ввиду длительности времени доступа (передвижение до остановки общественного транспорта, ожидание и взаимодействие в узлах), отсутствия согласованных стыковок между сегментами перевозки [2].