

УДК 656. 213

А. В. Ермакова, Н. А. Муковнина**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗЕРВА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ
СТАНЦИИ С ВЫДЕЛЕНИЕМ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ
ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПУТЕЙ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ**

Дата поступления: 19.05.2015

Решение о публикации: 19.05.2015

Цель: Определить резерв пропускной способности элементов станции примыкания для выделения оптимальных временных интервалов маневрового обслуживания путей необщего пользования (ПНП). **Методы:** Применен математический аппарат динамической транспортной задачи минимизации транспортных расходов для определения оптимального периода обслуживания ПНП. **Результаты:** На основании методики определения резерва пропускной способности графически отображены результаты расчета суточного резерва пропускной способности элемента «четный парк» станции Новокуйбышевская. Выявлено, что обслуживание ПНП не только снижает резерв пропускной способности элементов, но и увеличивает суммарные затраты. Графически отображены результаты расчетов влияния маневрового обслуживания ПНП на суммарные затраты расчетного элемента «четный парк» станции Новокуйбышевская за сутки в часовой период, когда расчетный элемент занят не только выполнением технологических операции с вагонами и составами, но и обслуживанием ПНП. Установлено, что целесообразно обслуживать ПНП в часы, когда резерв пропускной способности составляет более 15 %, при этом выполняется условие минимизации транспортных расходов. **Практическая значимость:** Определение резерва пропускной способности элементов станции примыкания позволит выделить временные интервалы обслуживания ПНП в периоды, когда у станции есть техническая и технологическая возможность свести приведенные затраты к минимуму.

Станция примыкания, взаимодействие, пути необщего пользования, резерв пропускной способности, интервалы, время, обслуживание, минимизация затрат.

***Anna V. Ermakova**, senior lecturer, ermakovanyut@mail.ru, **Natalia A. Mukovnina**, Cand. Sci. (Eng.), associate professor, mykovnina-nata@mail.ru (Samara State Transport University) DETERMINATION OF THE THROUGHPUT CAPACITY OF STATION ELEMENTS WITH PROVISION OF TIME FOR MAINTENANCE OF HOUSE TRACKS

Objective: To determine the throughput capacity of joining station elements to allocate the best possible time intervals for shunt servicing of house tracks. **Methods:** Mathematical apparatus of dynamic transport task for minimising transport expenses was used to determine the best possible period for servicing house tracks. **Results:** Results of calculation of daily reserve of throughput capacity of downyard shunting element at Novokuybyshevskaya station were displayed in graphic form on the basis of a method for calculating the reserve of throughput capacity. It was established that servicing house tracks decreases the reserve values of elements' throughput capacity as well as increases combined costs. Results of calculations of influence of house track shunt servicing on combined costs of calculation element "downyard shunting" at Novokuybyshevskaya station in a 24 hours period, when the calculation element is tasked with servicing house tracks alongside technological operations with carriages and trains, were displayed in graphic form. It was established that servicing the house tracks is worthwhile in the hours when reserve value of throughput capacity exceeds 15 per cent, which allows to minimise transport expenses. **Practical importance:** Determining the reserve values of throughput capacity of joining station elements would allow to allocate time intervals for house track servicing in periods when a station has technical and technological capacity of minimising such expenses.

Joining station, co-operation, house tracks, throughput capacity, time interval, maintenance, minimal expenses.

Первые подъездные пути начали строиться в 1860 г., подъездной путь инженерного ведомства протяженностью около 1 км к фабрике Николаевской мануфактуры проложен на ст. Орехово (Октябрьской железной дороги). В 1928 г. утверждены общие принципы, определяющие условия эксплуатации подъездных путей на основе соглашений, заключаемых предприятиями и организациями с управлениями железных дорог. В 1933 г. Совет труда и обороны утвердил Правила эксплуатации подъездных путей необщего пользования (ПНП). Несмотря на развитие современного транспорта и технологий, проблемы обслуживания промышленных предприятий так и остаются во многом не отрегулированными как с нормативной, так и с технологической стороны.

Куйбышевская железная дорога ежегодно отправляет пятую часть всех перевозимых в стране железнодорожным транспортом нефтепродуктов: она обслуживает шесть крупнейших в России нефтеперерабатывающих заводов. Общее количество клиентов, с которыми взаимодействует дорога, превысило 4000 предприятий. Прогноз погрузки грузов Куйбышевской железной дороги до 2020 г. представлен на рис. 1.

Инфраструктура железнодорожного транспорта уже не справляется с объемом вагонопотоков, а при прогнозируемом увеличении размера погрузки потребуются совершенствование организации местной работы и развитие железнодорожной инфраструктуры общего и необщего пользования.

Проблемам организации местной работы посвятили труды многие ученые: Ю. И. Ефименко, В. А. Кудрявцев, Е. В. Архангельский, А. П. Батулин, А. А. Абрамов, А. Н. Феофилов. Рассматривая очередность обслуживания, каждый автор выделял свой критерий для совершенствования взаимодействия, чаще всего это были затраты вагоно- и локомотиво-часов. П. А. Козлов рассматривал расчет пропускной способности линий, горловин станций, перерабатывающей способности сортировочной горки и станции в целом.

Сегодня нет методики определения резерва пропускной способности станции с учетом времени обслуживания путей необщего пользования. Сложность этой проблемы обусловлена многими факторами, в том числе высокой динамикой движения поездов. Решить задачу аналитическими методами невозможно, для этого больше подходит метод имитационного моделирования.

Определение временных интервалов для ПНП

Анализ работы ПНП за 2014 г. показал, что в целом по дороге среднее время нахождения вагонов на ответственности примыкающих предприятий составило 74,78 ч, что на 11,9 ч больше, чем за 2013 г.

Основной процент превышения времени нахождения вагонов на ответственности предприятий приходится на предприятия, осуществляющие налив нефтепродуктов. К примеру,

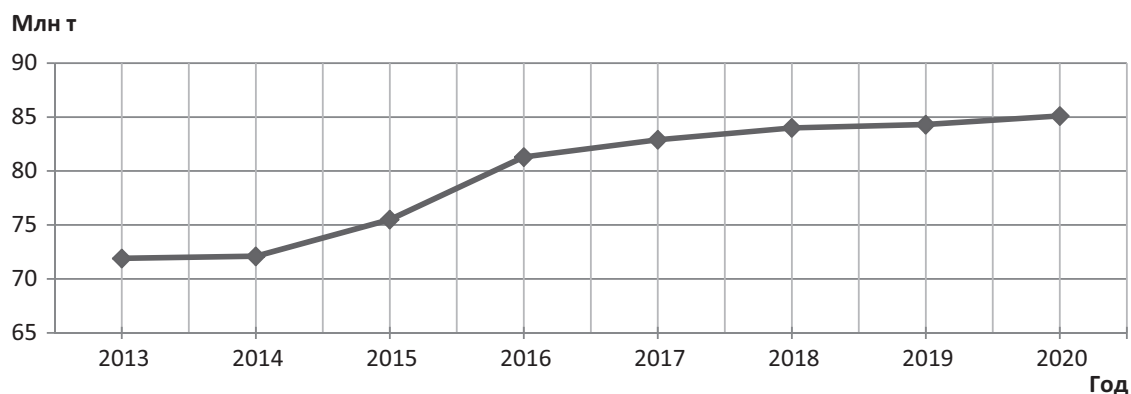


Рис. 1. Прогноз погрузки грузов Куйбышевской железной дороги до 2020 г.

на ст. Кряж длительно и без возмещения затрат за использование инфраструктуры ОАО «РЖД» вагоны простаивают в ожидании выгрузки.

В сложившихся условиях избыток парка приватного подвижного состава вызывает занятость путей общего пользования невосстановленными вагонами, что приводит к снижению резерва пропускной способности станций. Для обеспечения нормальной работы элементов станции и станции в целом резерв пропускной способности должен быть не менее 15%. Резерв – это разница между наличной и потребной пропускной способностью.

Для определения резерва пропускной способности станции необходимо знать время занятия входных и выходных горловин прибывающими и отправляющимися поездами; занятия путей поездами транзитными и поступающими в переработку; расформирования одного состава с горки; расформирования и формирования на вытяжном пути поездов различных назначений и категорий; время на маневровые передвижения.

Для решения проблемы предложена методика применения математического аппарата динамической транспортной задачи минимизации транспортных расходов для определения оптимального периода обслуживания ППП.

Среднее количество обслуживаемых поездов во время, свободное от выполнения технологических операций с вагонами и поездами, в элементе i ($i = 1 \dots I$) в расчетный момент времени k ($k = 1 \dots K$)

$$R_i^k = \frac{Tr_i^k}{Tsr_i^k} = \frac{T \max_i (1 - g_i)}{Tsr_i^k}, \quad (1)$$

где Tr_i^k – время, свободное от выполнения технологических операций с вагонами и поездами в элементе i ($i = 1 \dots I$) в расчетный момент k ($k = 1 \dots K$); Tsr_i^k – среднее время на технологические операции с одним поездом по элементу инфраструктуры i ($i = 1 \dots I$) в расчетный момент k ($k = 1 \dots K$); $T \max_i$ – максимально возможное время занятия элемента

i ($i = 1 \dots I$); g_i – коэффициент загрузки элемента i ($i = 1 \dots I$).

Время, свободное от выполнения технологических операций с вагонами и поездами, в элементе i ($i = 1 \dots I$) в расчетный момент k ($k = 1 \dots K$)

$$Tr_i^k = T \max_i - Tf_i^k, \quad (2)$$

где Tf_i^k – время занятия рассчитываемого элемента i ($i = 1 \dots I$) технологическими операциями в расчетный момент k ($k = 1 \dots K$).

Максимально возможное время занятия элемента i ($i = 1 \dots I$)

$$T \max_i = m_i (T_{\text{пер}}^k - \chi_i), \quad (3)$$

где m_i – количество путей элемента i ($i = 1 \dots I$); $T_{\text{пер}}^k$ – расчетный период элемента инфраструктуры i ($i = 1 \dots I$) в момент времени k ($k = 1 \dots K$); χ_i – технологическое время на обслуживание инфраструктуры элемента i ($i = 1 \dots I$).

Время занятия рассчитываемого элемента i ($i = 1 \dots I$) технологическими операциями в расчетный момент k ($k = 1 \dots K$)

$$Tf_i^k = n_i^k \varphi_i + Tnp_i^k, \quad (4)$$

где n_i^k – количество операций, выполняемых в элементе i ($i = 1 \dots I$) в момент времени k ($k = 1 \dots K$); φ_i – время занятия элемента i ($i = 1 \dots I$) выполнением одной технологической операцией; Tnp_i^k – время занятия станционных путей маневровыми работами по обслуживанию путей необщего пользования элемента i ($i = 1 \dots I$) в момент k ($k = 1 \dots K$).

Время занятия станционных путей маневровыми работами по обслуживанию путей необщего пользования элемента i ($i = 1 \dots I$) в расчетный момент k ($k = 1 \dots K$)

$$Tnp_i^k = q_i^k (\psi_i + \varphi_i + \rho_i), \quad (5)$$

где q_i^k – количество подач/уборок на/с пути необщего пользования элемента i ($i = 1 \dots I$) в момент времени k ($k = 1 \dots K$); ψ_i – время

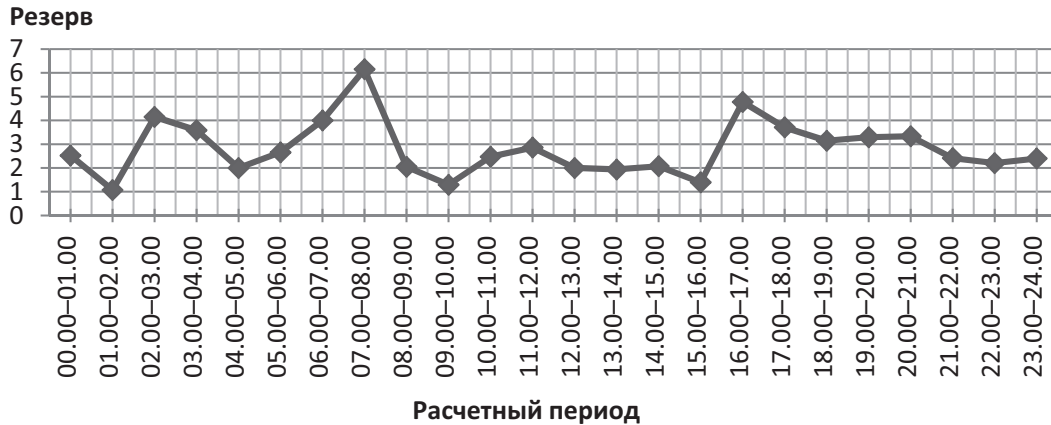


Рис. 2. График резерва пропускной способности элемента «четный парк» за сутки

проследования локомотива с выставочных путей до знака «Граница пути необщего пользования» элемента i ($i = 1 \dots I$); φ_i – время, затрачиваемое на выставочных путях операциями по прицепке либо отцепке вагонов элемента i ($i = 1 \dots I$); ρ_i – время проследования локомотива от знака «Граница пути необщего пользования» до выставочных путей элемента i ($i = 1 \dots I$).

На основании методики определения резерва пропускной способности отобразим в графическом виде результаты расчета резерва пропускной способности элемента «четный парк» станции Новокуйбышевская за сутки¹ (рис. 2). Поскольку поездная обстановка каждый час меняется, линия резерва принимает колебательный характер.

По линии резерва пропускной способности за расчетные сутки видно, что элемент «четный парк» загружен. К примеру, на начало суток в период 00.00–01.00 резерв составляет два поезда, или 33% от максимально возможного, а в периоды 01.00–02.00 и 09.00–10.00 резерв опускается до минимальных значений 17% – 1 поезд. В рассмотренные промежутки времени элемент не занят обслуживанием ПНП. Максимально возможный резерв данно-

го элемента составляет 6 поездов (100%) и достигается в период 07.00–08.00. Обслуживать ПНП целесообразно в часы, когда резерв пропускной способности составляет более 15%.

Определение экономически целесообразного времени обслуживания ПНП

Обслуживание ПНП не только снижает резерв пропускной способности элементов, но и увеличивает суммарные затраты на технологические операции с вагонами и составами, перемещение маневровых составов при подаче/уборке вагонов в адрес ветвевладельцев. Целесообразно учитывать также затраты по неприему поездов на станцию и затраты, связанные с ожиданием поезда к отправлению, из-за враждебности маршрута при подаче/уборке вагонов в адрес ПНП.

Для экономически эффективной работы станции функция суммарных затрат на выполнение технологических операций с вагонами и составами E_{sum}^k в момент времени k ($k = 1 \dots K$) должна выполнять условие минимизации:

$$E_{sum}^k \xrightarrow{j \in J, \gamma \in \Gamma, k \in K} \min.$$

Для разграничения работ по подаче и уборке вагонов на ПНП вводится бинарная переменная ε :

¹ Муковнина Н. А. Определение резерва пропускной способности станции с учетом времени обслуживания путей необщего пользования / Н. А. Муковнина, А. В. Ермакова // Вестн. транспорта Поволжья. – 2014. – № 5 (47). – С. 70–74.

$$\varepsilon = \begin{cases} 1, & \text{если производится} \\ & \text{подача вагонов;} \\ 0, & \text{если производится} \\ & \text{уборка вагонов} \end{cases}$$

Суммарные затраты станции на выполнение технологических операций с вагонами и составами E_{sum}^k в момент времени k ($k = 1 \dots K$) зависят от составляющих $E_{h_e}^k$ ($h = 1 \dots J, \varepsilon = 1 \dots E$) и E_j^k ($j = 1 \dots J$), определяются по формуле

$$\begin{aligned} E_{sum}^k &= \sum_{h=1}^H E_{h_e}^k + \sum_{j=H+1}^J E_j^k + \sum_{\gamma=1}^{\Gamma} E_{(J+1)_{\gamma}}^k = \\ &= E_{1_e}^k + E_{2_e}^k + E_{3_e}^k + E_{4_e}^k + E_5^k + E_6^k + \\ &+ E_7^k + E_8^k + E_9^k + E_{10}^k + \sum_{\gamma=1}^{\Gamma} E_{11_{\gamma}}^k, \end{aligned} \quad (6)$$

где $E_{1_e}^k$ – затраты, связанные с накоплением вагонов, руб.; $E_{2_e}^k$ – затраты, связанные с формированием маневровых составов, руб.; $E_{3_e}^k$ – затраты, связанные с подготовкой к отправлению маневровых составов, руб.; $E_{4_e}^k$ – затраты, связанные с перемещением маневровых составов, руб.; E_5^k – затраты, связанные с простоем вагонов в парке приёма (приёмоотправочном парке) станции до момента их подачи на ПНП, руб.; E_6^k – затраты, связанные с простоем вагонов в системе расформирования до момента их подачи на ПНП, руб.; E_7^k – затраты, связанные с увеличением задержек поездов по неприёму станцией при обслуживании ПНП, руб.; E_8^k – затраты, связанные с увеличением простоем вагонов в системе формирования станции при обслуживании ПНП, руб.; E_9^k – затраты, связанные с повторной сортировкой вагонов на горке при обслуживании ПНП, руб.; E_{10}^k – затраты, связанные с простоем поезда в ожидании отправления при обслуживании ПНП, руб.; $\sum_{\gamma=1}^{\Gamma} E_{11_{\gamma}}^k$ – затраты на перемещение в расчетном элементе «горловина», связанные с приемом и отправлением поезда категории γ ($\gamma = 1 \dots \Gamma$), руб.

На основании расчетов рассмотрим влияние маневрового обслуживания ПНП на сум-

марные затраты расчетного элемента «четный парк», который является приемо-отправочным парком ст. Новокуйбышевская, за сутки в часовой период, когда расчетный элемент занят выполнением не только технологических операций с вагонами и составами согласно технологическому процессу станции, но и операциями по обслуживанию ПНП. В графическом виде зависимость суммарных затрат от расчетного периода (00.00–24.00) элемента «четный парк» представлена на рис. 3.

Для визуальной оценки влияния местной работы на расчетный элемент «четный парк» наложим график резерва пропускной способности расчетного элемента на график зависимости суммарных затрат элемента «Четный парк» ст. Новокуйбышевская в период 00.00–24.00 ч (рис. 4).

К примеру, в расчетный период 07.00–08.00 ч приемо-отправочный парк не занят обслуживанием ПНП, резерв в данный период составляет 6 поездов, а суммарные затраты равны 3400,635 руб., в период 08.00–09.00 ч начинается накопление вагонов в адрес ПНП и резерв снижается до 2 поездов, а суммарные затраты составляют 5184,102 руб., в том числе 705,331 руб. на накопление вагонов в адрес ветвевладельца, в период 09.00–10.00 резерв опускается до критического минимума и составляет 1 поезд, суммарные затраты, в свою очередь, возрастают до 7620,428 руб., из них 3007,39 руб. – на накопление и формирование вагонов для подачи на ПНП.

Стоит отметить, что обслуживание ПНП имеет как отрицательное, так и положительное влияние на работу элемента «четный парк». К примеру, в период 05.00–06.00 резерв составляет 2 поезда, а суммарные затраты 4426,207 руб., при уборке групп вагонов в адрес ПНП освобождаются станционные пути элемента «четный парк». На графике видно, как резерв начинает увеличиваться, достигая к 07.00 максимального значения 6 поездов. Так же происходит в период 15.00–16.00: при освобождении станционных путей резерв повышается с 1 поезда до 4, но несмотря на суммарные затраты, возрастающие до 6497,809 руб., убор-

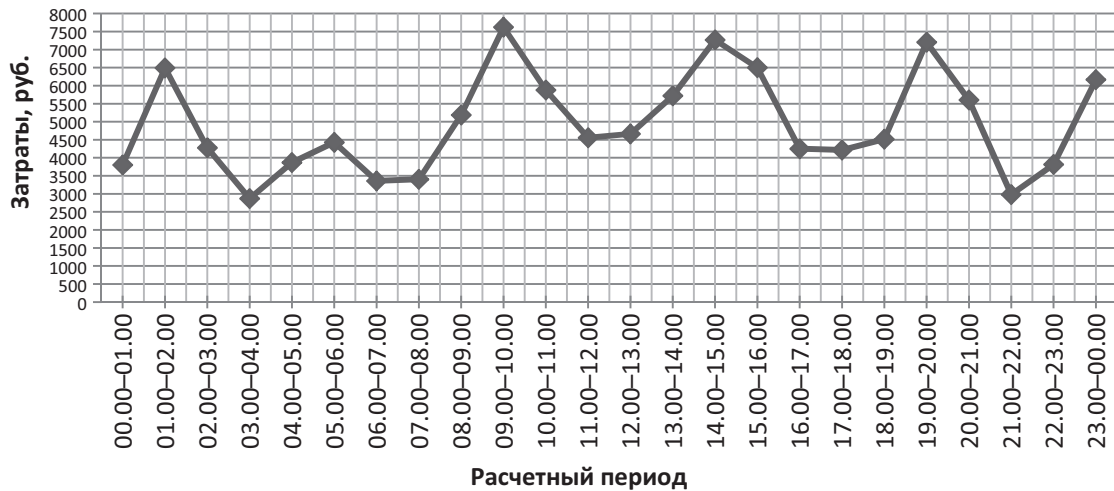


Рис. 3. График зависимости суммарных затрат от расчетного периода (00.00–24.00) элемента «четный парк»

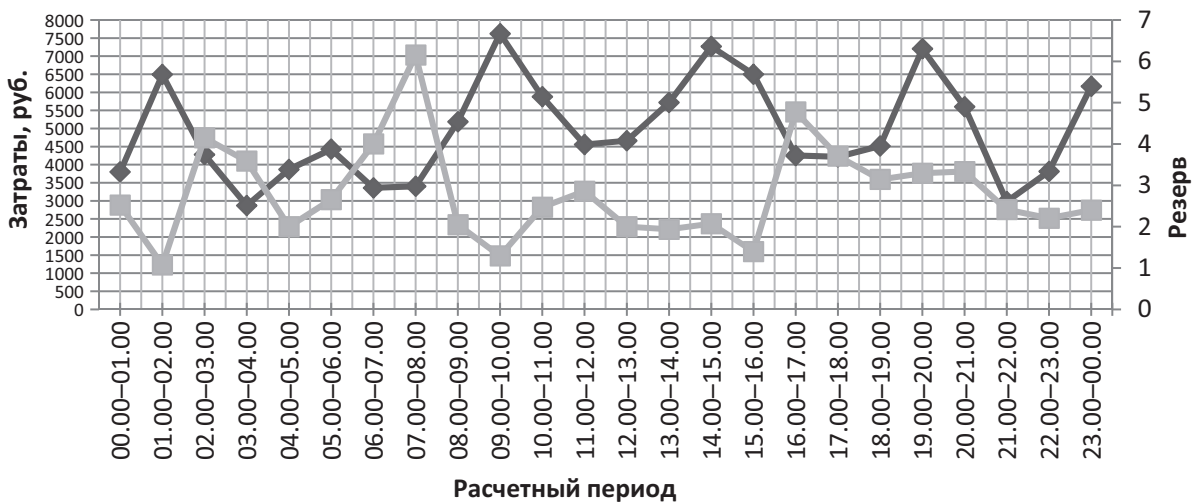


Рис. 4. График влияния местной работы на резерв пропускной способности и суммарных затрат элемента «четный парк» ст. Новокуйбышевская в период 00.00–24.00

ка вагонов со станционных путей положительно влияет не только на работу расчетного элемента «четный парк», но и на станцию в целом.

Отрицательное влияние заметно в период 02.00–03.00: на начало периода резерв составляет 4 поезда, а при подаче группы вагонов с ПНП – 2 поезда. В остальные периоды резерв изменяется незначительно.

Заключение

Для обеспечения конкурентоспособности железной дороги необходимы резервы про-

пускных способностей не только железнодорожных участков, но и железнодорожных станций. Оценка резерва позволит оптимально регламентировать порядок маневрового обслуживания ПНП, выделив временные интервалы, когда у станции есть техническая и технологическая возможность, и определить допустимое время занятия станционных устройств обслуживанием ПНП.

*ЕРМАКОВА Анна Владимировна – старший преподаватель, ermakovanyut@mail.ru; МУКОВНИНА Наталья Анатольевна – канд. техн. наук, доцент, mykovnina-nata@mail.ru (Самарский государственный университет путей сообщения).