

DOI: 10.15593/24111678/2018.03.08

УДК 656.225.073.46

Е.Н. Потылкин

Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, Беларусь

ВЗАИМНАЯ РАБОТА ПРОМЫШЛЕННОГО И МАГИСТРАЛЬНОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА В УСЛОВИЯХ НАЛИЧИЯ ПРИВАТНОГО ВАГОННОГО ПАРКА

С учетом сложившейся тенденции к увеличению доли частных вагонов задачи выбора оптимальных режимов взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта в настоящее время приобретают особую актуальность. Поэтому целью настоящей работы является исследование проблемных вопросов взаимной работы путей общего и необщего пользования, связанных с временным размещением частных вагонов, при организации перевозки грузов с использованием логистической схемы доставки. Объекты работы – железнодорожный путь необщего пользования и станция примыкания. Предмет – технология обслуживания потока вагонов, поступающего на пути необщего пользования.

Для достижения поставленной цели использованы методы научного анализа, теории графов, а также экспериментально-статистические методы составления математических моделей.

В результате исследований разработана методика определения потребного путевого развития для временного размещения порожних частных вагонов, используемых для погашения среднесуточной неравномерности при погрузке продукции.

С использованием данной методики могут быть получены рекомендации для обоснования выбора режима взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта в части распределения вагонов, направляемых во временное размещение, между железнодорожными путями общего и необщего пользования. Это позволит уменьшить издержки грузовладельцев за счет минимизации экономических и временных потерь, повысить конкурентоспособность железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг. Разработанная методика определения потребной вместимости железнодорожных путей, в отличие от существующих подходов к ее расчету, учитывает влияние случайного характера обслуживания частных перевозочных средств на местах необщего пользования, а также доли частных вагонов в общем парке.

Ключевые слова: железнодорожный путь, частный вагон, издержки, взаимодействие, неравномерность, логистическая схема доставки.

E.N. Potylkin

Belorussian State University of Transport, Gomel, Belarus

MUTUAL WORK OF INDUSTRIAL AND MAINLINE RAIL TRANSPORT IN THE PRESENCE OF PRIVATE ROLLING STOCK

Given the current trend of increasing the share of private cars, the problem of choosing the optimal modes of interaction between the mainline and industrial railway transport is currently of particular relevance. That is why the aim of this work is to study the problematic issues of mutual work of tracks of common and uncommon use associated with the temporary placement of private cars under the organization of transportations of cargoes using logistic delivery schemes. The objects of work are a non-public railway track and a junction station. The subject is the technology of servicing the flow of cars arriving on a track of non-public use.

To achieve the goal there have been used methods of scientific analysis, graph theory, and experimental and statistical methods of drawing up mathematical models.

As a result of the study a methodology of determination of a required path of development for the temporary accommodation of private cars used for settlement of average unevenness in loading of goods has been developed.

Using this methodology, recommendations can be obtained to justify the choice of the mode of interaction between mainline and industrial rail transport in the allocation of wagons sent to temporary accommodation between the railway tracks of common and uncommon use. This will allow reducing the costs for cargo owners by minimizing economic and time losses, and improving the competitiveness of rail transport on the transport market. The methodology of determining the required capacity of railway lines, in contrast to the existing approaches for its calculation, takes into account the effect of random nature of service of private vehicles at the tracks of non-public use as well as the share of private cars in the whole park.

Keywords: railway track, private car, costs, interaction, unevenness, logistic delivery scheme.

Введение

Проблема эффективной организации работы промышленного и магистрального железнодорожного транспорта всегда была в центре внимания эксплуатационной науки и практики. Теоретические основы вопросов взаимодействия путей общего и необщего пользования разработаны академиком В.Н. Образцовым в 50-е гг. прошлого столетия. В период с середины до конца XX в. в этом направлении проводились исследования такими учеными, как В.М. Акулиничев, А.М. Берестовой, Н.П. Берлин, О.В. Билогуров, В.И. Бобровский, А.К. Головнич, А.Т. Дерibas, И.В. Жуковицкий, И.П. Кривцов, Л.С. Крохин, В.А. Кудрявцев, В.К. Мироненко, Е.В. Нагорный, В.Я. Негрей, Г.И. Нечаев, А.Д. Омельченко, В.В. Повороженко, А.А. Поляков, Н.В. Правдин, И.Б. Сотников, М.П. Топчиев, М.Л. Цегельник, Г.А. Циркунов, П.А. Яновский, В.П. Ярошевич и др. [1–5].

Исследования в области взаимодействия железнодорожных путей общего и необщего пользования, проводимые в период существования Союза Советских Социалистических Республик, характеризуются наличием условий, определяющих их направления и задачи: функционирование плановой системы экономики, дефицит вагонного парка, малая доля частных вагонов в общем потоке вагонов и др.

В настоящее время работа железнодорожного транспорта характеризуется ростом количества частного подвижного состава и его доли в общем парке вагонов, которая за период с 2014 по 2016 г. увеличилась на 5 %. Рост парка вагонов сопровождается увеличением числа собственников подвижного состава. Управление частными вагонами осуществляется экспедиторскими организациями, управление инвентарными вагонами – диспетчерским аппаратом. При этом экспедиторы, учитывая интересы собственников подвижного состава, выполняют поиск наиболее доходного груза для перевозки [6, 7].

В случае несогласования тарифа за перевозку груза вагон вынужден находиться на железнодорожном пути общего либо необщего пользования. Кроме того, временное размещение подвижного состава на местах необщего пользования может быть вызвано как сезонной, так и среднесуточной неравномерностью. При этом возникает ситуация, которая характеризуется тем, что вагон не движется, соответственно, владелец подвижного состава не получает прибыли. Как известно, основным показателем работы частного вагона является доходность в единицу времени, поэтому владелец перевозочного средства заинтересован в его предоставлении в пользование для различных целей или в аренду. Например, использовать вагон, находящийся во временном размещении на железнодорожном пути необщего пользования, для погашения среднесуточной неравномерности. Поэтому открытым остается вопрос целесообразности предоставления железнодорожных перевозочных средств в пользование для различных целей или аренду для отправителей, получателей, поскольку в таком случае появляется возможность содержать меньшие складские емкости.

Методы и материалы

Возможны различные варианты погрузки грузов из производства в перевозочные средства, которые отражены на графе, приведенном на рис. 1.

На графе представлены варианты погрузки груза на склад, затем в перевозочное средство, напрямую из производства в вагон, через промежуточную складскую емкость. Последний вариант характерен для таких грузов, которые не могут сразу быть погружены из производства в перевозочные средства. Например, цемент из производства поступает в горячем состоянии, поэтому перед погрузкой в вагон он должен охладиться. Для каждого случая рассмотрены варианты погашения неравномерности. Например, в соответствии с первым вариантом графа готовая продукция поступает на склад, где и гасится возникающая в процессе работы неравномерность.

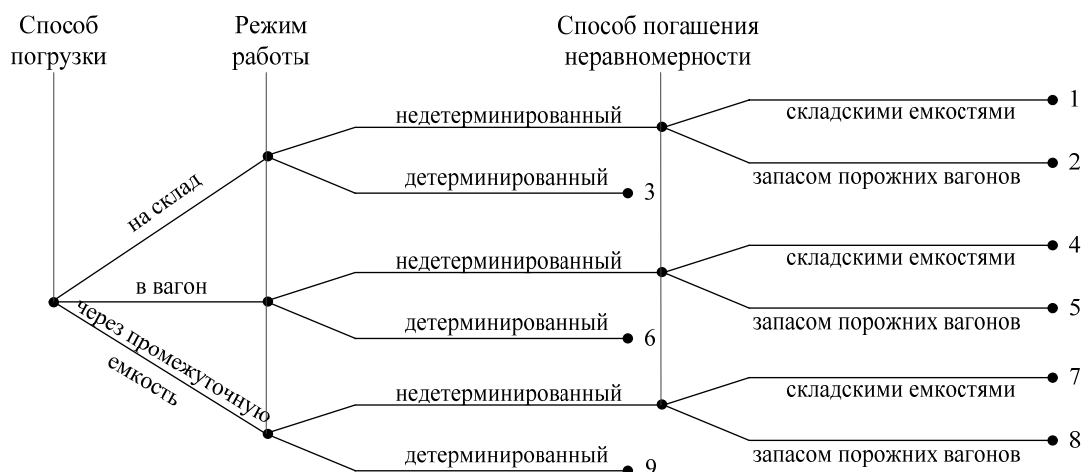


Рис. 1. Граф вариантов погрузки продукции из производства в перевозочные средства

В соответствии с разработанным графом построены технологические схемы продвижения вагонопотока, начиная от железнодорожной станции примыкания до грузового фронта пути необщего пользования для различных вариантов организации работ по погрузке продукции из производства в перевозочные средства. Пример одной из таких схем, когда готовая продукция поступает сначала на склад, а затем в вагон, представлена на рис. 2.

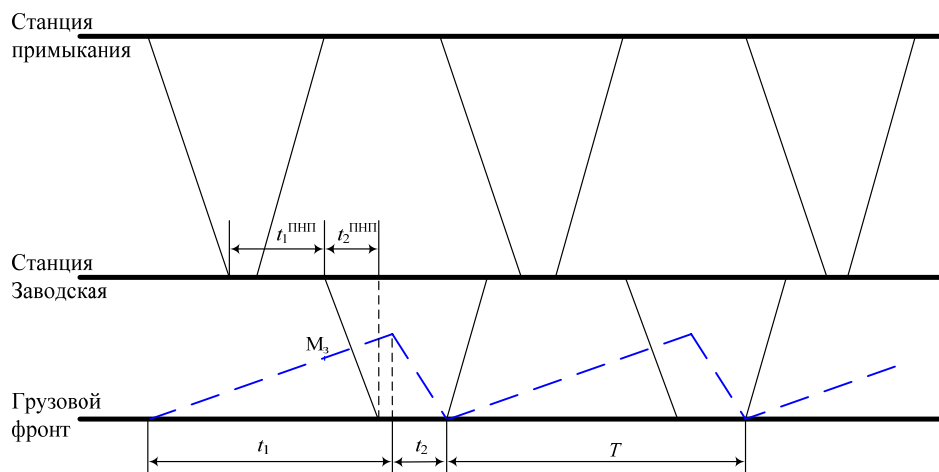


Рис. 2. Схема продвижения вагонопотока при детерминированном режиме работы:
 — — подача (уборка) вагонов; - - - - погрузка груза в вагоны

В соответствии с рис. 2 за время $t_{1\text{пнп}}$ происходит обработка прибывшей передачи, расформирование, накопление вагонов на состав подачи, за время $t_{2\text{пнп}}$ выполняется подача подвижного состава на грузовой фронт, t_1 соответствует продолжительности накопления продукции до величины Q_1 , а продолжительность погрузки партии груза в перевозочные средства равна t_2 . При этом период времени, через который выполняются подачи вагонов на грузовой фронт, составляет T . Средняя величина отправляемой партии груза

$$Q = \lambda T, \tag{1}$$

где λ – интенсивности производства продукции, т/ч [8].

Поскольку технологические операции в рассматриваемой модели имеют вероятностный характер, возможны задержка подачи вагонов на грузовой фронт, изменение интенсивности производства продукции и др. Величина резерва ΔQ , необходимого для компенсации неравномерности, определяется по формуле

$$\Delta Q = (K_{\text{нер}} - 1)\lambda T, \quad (2)$$

где $K_{\text{нер}}$ – коэффициент неравномерности.

В ходе сбора и обработки исходных данных выявлено, что при вариации значений λ и T происходит изменение величины $K_{\text{нер}}$ [9].

Для установления зависимости коэффициента неравномерности использованы методы регрессионного анализа, которые относятся к экспериментально-статистическим методам составления математических моделей [10, 11]. После их применения к эмпирическим данным получена формула для определения коэффициента неравномерности:

$$K_{\text{нер}} = \left(\frac{24}{T} + 1,377 \right) \cdot \left(\frac{0,95}{\lambda} - 0,0026\lambda + 1 \right). \quad (3)$$

Неравномерность поступления вагонов на грузовой фронт характерна для недетерминированных потоков. На рис. 3 представлена схема продвижения вагонопотока при недетерминированном режиме работы системы для случая, когда произошла задержка передачи вагонов со станции примыкания на время $t_{\text{зад}}$, а для погашения неравномерности используются вагоны, находящиеся во временном размещении.

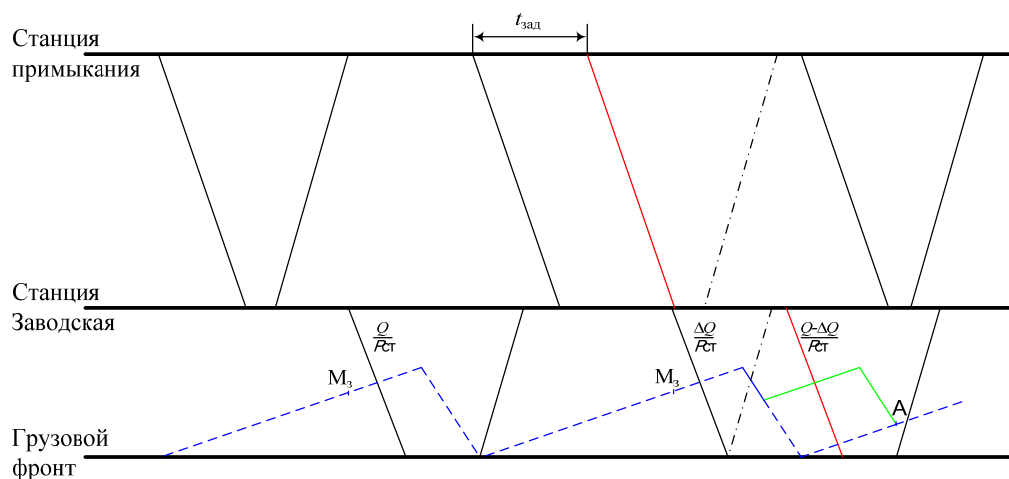


Рис. 3. Схема продвижения вагонопотока при недетерминированном режиме работы:
 — — подача-уборка вагонов; - - - - погрузка груза; - · - · - холостой рейс локомотива

При таком режиме работы модели должен учитываться момент заказа M_3 – момент времени, в который должна начинаться подача вагонов на грузовой фронт. С вагонами, прибывшими в составе задержанной передачи, необходимо выполнить операции обработки по прибытии, а на грузовой фронт в момент заказа уже необходимо выполнять подачу вагонов. В результате происходит подача подвижного состава, находившегося во временном размещении. При этом на грузовой фронт подается вагонов в количестве $\Delta Q/P_{\text{ст}}$. Как видно из рис. 3, изменение условий работы вызвало выполнение дополнительной маневровой работы

$$t_{\text{дмп}} = t_{\text{сорт}}^{\text{дмп}} + t_{\text{под}}^{\text{дмп}} + t_{\text{хр}}^{\text{дмп}}, \quad (4)$$

где $t_{\text{сорт}}^{\text{дмп}}$ – продолжительность сортировки временно размещенных вагонов на состав подачи размером $\Delta Q/P_{\text{ст}}$ вагонов, мин,

$$t_{\text{сорт}}^{\text{дмп}} = AN_{\text{гф}} + B \cdot \sum_{i=1}^{N_{\text{гф}}} \frac{\Delta Q_i}{P_{\text{ст}}}, \quad (5)$$

$t_{\text{под}}^{\text{дмр}}$ – продолжительность подачи вагонов на фронт, мин; $t_{\text{хр}}^{\text{дмр}}$ – продолжительность холостого рейса маневрового локомотива с грузового фронта на пути станции Заводская, мин.

Происходящее в настоящее время развитие рынка транспортных услуг постепенно приводит к клиентоориентированности процессов производства, доставки, реализации продукции. Поэтому взаимодействие магистрального и промышленного железнодорожного транспорта следует рассматривать с позиции грузовладельца, которого интересуют затраты, связанные с перевозкой продукции, начиная от пункта накопления и заканчивая пунктом потребления. А взаимодействие грузового фронта, станции Заводская и станции примыкания целесообразно исследовать в рамках логистической схемы доставки продукции, представленной на рис. 4 [12]. Такой же позиции придерживаются и другие современные ученые, такие как Ю.О. Глушкова, Л.С. Жарикова, Д.Н. Казаченко, Э.А. Сафронов, Н.В. Халипова, J.C. Jong, L. Mussone [13–19]. При данном подходе к разработке модели учитываются основные принципы логистики: системный подход, учет совокупных логистических издержек, глобальная оптимизация и интеграция, использование теории компромиссов, моделирование и информационно-компьютерная поддержка, устойчивость и адаптивность [20].

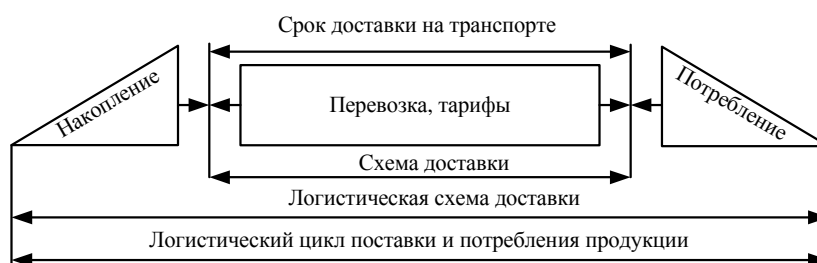


Рис. 4. Логистическая схема доставки продукции

Оценка конкурентоспособности различных вариантов погашения неравномерности позволяет определить издержки клиента железной дороги при осуществлении перевозочного процесса. На основании этой оценки возможно сделать вывод о применении того либо другого варианта погашения среднесуточной неравномерности при различных условиях работы.

После разработки возможных вариантов необходимо оценить уровень издержек по каждому из них. Затем выбирается оптимальный по критерию минимума затрат для клиента в соответствии с родом перевозимого груза, требованиями к сроку доставки, условиями обеспечения сохранности груза, стоимости перевозки и т.д. Целевая функция, учитывающая издержки на одну тонну груза, имеет следующий вид:

$$F = Z_{\text{хр}} + П_{\text{хр}} + Z_{\text{гр}} + П_{\text{гр}} + Z_{\text{мл}} + П_{\text{вз}} + I_{\text{в}}^{\text{гр}} + Z_{\text{хр}}^{\text{доп}} + П_{\text{хр}}^{\text{доп}} + I_{\text{в}}^{\text{нак}} + Z_{\text{ввр}}^{\text{ваг}} + Z_{\text{ввр}}^{\text{пут}} + Z_{\text{дмр}} + Z_{\text{пу}}^{\text{лок}} + П_{\text{пу}}^{\text{зо}} + П_{\text{т}} + П_{\text{т}}^{\text{зо}} + K_{\text{скл}}^{\text{доп}} + K_{\text{путот}}, \quad (6)$$

где $Z_{\text{хр}}$ – затраты, связанные с хранением отправки в пункте отправления, ден.ед./т; $Z_{\text{гр}}$ – затраты, связанные с выполнением грузовых операций, ден.ед./т; $Z_{\text{мл}}$ – затраты, связанные с работой маневрового локомотива на железнодорожном пути необщего пользования, ден.ед./т; $I_{\text{в}}^{\text{гр}}$ – издержки, связанные с простоем вагонов под погрузкой готовой продукции, ден.ед./т; $Z_{\text{хр}}^{\text{доп}}$ – затраты, связанные с хранением дополнительной готовой продукции на складе, ден.ед./т; $I_{\text{в}}^{\text{нак}}$ – издержки, связанные с простоем вагонов под накоплением на состав передачи по отправлению, ден.ед./т; $Z_{\text{ввр}}^{\text{ваг}}$ – затраты, связанные с временным размещением вагонов на железнодорожных путях станции Заводская, ден.ед./т; $Z_{\text{ввр}}^{\text{пут}}$ – затраты, связанные с содержанием железнодорожных

путей для временного размещения подвижного состава, ден.ед./т; $Z_{\text{дмр}}$ – затраты, связанные с выполнением дополнительной маневровой работы, ден.ед./т; $Z_{\text{пу}}^{\text{пок}}$ – затраты, связанные с работой локомотива за время подачи-уборки передачи, ден.ед./т; $\Pi_{\text{хр}}$ – потери от замедления оборачиваемости оборотных средств за время хранения, ден.ед./т; $\Pi_{\text{гр}}$ – потери от замедления оборачиваемости оборотных средств за время выполнения погрузочно-разгрузочных работ, ден.ед./т; $\Pi_{\text{хр}}^{\text{доп}}$ – потери от замедления оборачиваемости оборотных средств за время дополнительного хранения, ден.ед./т; $\Pi_{\text{пу}}^{\text{зо}}$ – потери от замедления оборачиваемости оборотных средств за время уборки передачи, ден.ед./т; $\Pi_{\text{т}}^{\text{зо}}$ – потери от замедления оборачиваемости оборотных средств за время перевозки, ден.ед./т; $\Pi_{\text{вз}}$ – потери от замедления оборачиваемости оборотных средств за период времени от окончания погрузки до отправления передачи со станции Заводская, ден.ед./т; $\Pi_{\text{т}}$ – плата за перевозку грузов, ден.ед./т; $K_{\text{скл}}^{\text{доп}}$ – капитальные вложения на строительство дополнительных складских емкостей, ден.ед./т; $K_{\text{пу\text{тот}}}$ – капитальные вложения на строительство путей для временного размещения подвижного состава, ден.ед./т.

Поскольку функция F непрерывна и дифференцируема по T , то оптимальное значение T можно определить из уравнения

$$\frac{dF(T)}{dT} = 0. \quad (7)$$

Результаты

Решив уравнение (7) относительно T , получим:

$$T = \sqrt{\frac{\frac{C_{\text{лч}} N_{\text{л}}}{60} \left(\frac{3\alpha_{\text{рт}} v_1}{2\lambda} + \frac{0,18l_{\text{пп1}}}{v_1 \lambda} + \frac{2AN_{\text{гф}}}{\lambda} + \frac{1,73}{\lambda} + \frac{\alpha_{\text{рт}} v_2}{2} + \frac{0,06l_{\text{пп2}}}{v_2} + \frac{b_{\text{в}} L}{\lambda} + W_1 \right)}{\frac{C_{\text{хр}}}{2} \left[1,377 \cdot \left(\frac{0,95}{\lambda} - 0,0026\lambda + 1 \right) - \frac{\lambda}{q_3} \right] + \frac{C_{\text{вч}}^{\text{пп}}}{P_{\text{ст}}} \left[1,377 \cdot \left(\frac{0,95}{\lambda} - 0,0026\lambda + 1 \right) + \frac{\lambda}{2q_3} \right] + W_2 + W_3 + W_4}}, \quad (8)$$

где $C_{\text{хр}}$ – плата за хранение 1 т груза в течение 1 ч, ден.ед./т-ч; $C_{\text{лч}}$ – стоимость 1 локомотивочаса работы маневрового локомотива, ден.ед./лок-ч; $N_{\text{л}}$ – количество работающих на пути необщего пользования маневровых локомотивов; q_3 – эксплуатационная производительность погрузочных устройств, т/ч; $C_{\text{вч}}^{\text{пп}}$ – стоимость вагона-часа простоя, ден.ед./ваг-ч; $b_{\text{в}}$ – коэффициент, учитываемый при расчете платы за перевозку грузов; L – расстояние перевозки, км.

В формулу (9) введены переменные W_1 , W_2 , W_3 , W_4 , которые рассчитываются следующим образом:

$$W_1 = \frac{24}{P_{\text{ст}}} \left(\frac{0,95}{\lambda} - 0,0026\lambda + 1 \right) \cdot (\beta_{\text{рт}} + \text{Б}N_{\text{гф}}); \quad (9)$$

$$W_2 = \frac{\Pi_{\text{гр}} k_{\text{инф}}}{24T_{\text{об}}} \left[\frac{\beta_{\text{рт}} \lambda v_1}{48P_{\text{ст}}} + \frac{0,18N_{\text{гф}} \lambda}{24P_{\text{ст}}} + 1,377 \cdot \left(\frac{0,95}{\lambda} - 0,0026\lambda + 1 \right) + \frac{\beta_{\text{рт}} N_{\text{гф}} \lambda v_2}{48P_{\text{ст}}} \right], \quad (10)$$

где $\Pi_{\text{гр}}$ – стоимость 1 т груза, ден.ед./т; $k_{\text{инф}}$ – коэффициент инфляционных ожиданий; $T_{\text{об}}$ – период оборачиваемости оборотных средств, сут;

$$W_3 = \left[\frac{1,377}{24 \cdot 365} \cdot \left(\frac{0,95}{\lambda} - 0,0026\lambda + 1 \right) - 1 \right] \cdot \left(\frac{e_{\text{скл}}^{\text{ст}} g K_{\text{пп}}}{P} + e_{\text{ждл}}^{\text{ст}} l_{\text{ваг}} \right), \quad (11)$$

где $e_{скл}^{ст}$ – стоимость строительства 1 м² склада, ден.ед./м²; g – ускорение силы тяжести; $K_{пр}$ – коэффициент, учитывающий площадь складских проездов, зависящий от применяемых средств механизации; P – допустимое давление на 1 м² полезной площади склада, кН/м²; $e_{ждп}^{ст}$ – стоимость укладки (строительства) 1 м железнодорожного пути, ден.ед./м; $l_{ваг}$ – средняя длина вагона, обращаемого на пути необщего пользования, м/ваг;

$$W_4 = \left[1,377 \cdot \left(\frac{0,95}{\lambda} - 0,0026\lambda + 1 \right) - 1 \right] \cdot \frac{C_{сп}}{P_{ст}}, \quad (12)$$

$C_{сп}$ – плата за занятие железнодорожного пути одним вагоном в течение 1 ч, ден.ед./ваг-ч.

Рассчитанное значение интервала между подачами T используется при определении оптимального значения целевой функции F . Выбор оптимального варианта может производиться в зависимости от характеристик груза, используемого для перевозки подвижного состава, складских устройств, режима работы железнодорожного пути необщего пользования. На рис. 5 представлена графическая модель поиска оптимального интервала между подачами вагонов под погрузку готовой продукции при погашении неравномерности использованием складских емкостей. Для приведенной на рис. 5 модели заданы следующие условия работы: стоимость 1 т груза равна 200 долл./т, количество грузовых фронтов – 8, среднее расстояние подачи вагонов к месту погрузки – 500 м, среднее расстояние передачи вагонов с пути необщего пользования до станции – 500 м, плата за хранение 1 т груза – 0,166 долл./т в сутки.

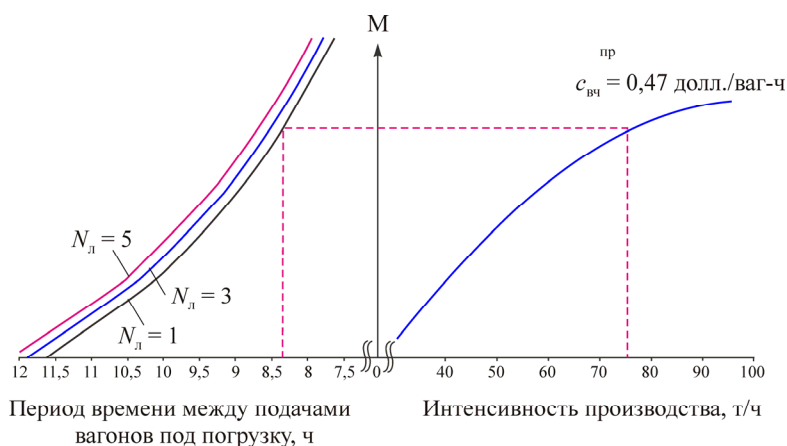


Рис. 5. Номограмма для определения оптимального интервала между подачами вагонов под погрузку продукции при погашении неравномерности использованием складских емкостей

Как видно из номограммы, представленной на рис. 5, для заданных условий работы при интенсивности производства продукции 75 т/ч, стоимости вагоно-часа простоя вагона 0,38 долл./ваг-ч и работе одного маневрового локомотива оптимальный интервал между подачами вагонов на места погрузки равен 8,4 ч, что соответствует реальной действительности и свидетельствует об адекватности разработанной модели. Ее применение позволяет решать как прямые задачи по установлению оптимального интервала между подачами вагонов под погрузку готовой продукции при погашении неравномерности использованием складских емкостей, так и обратные по определению количества локомотивов, интенсивности производства продукции, стоимости вагоно-часа простоя вагона в заданных условиях работы.

Применяя разработанную графическую модель, можно определить оптимальное значение периода времени T_j между подачами вагонов на j -й грузовой фронт. Если на путях промышленной организации находится $N_{гф}$ фронтов, то количество перевозочных средств, находящихся во временном размещении на железнодорожных путях, составляет

$$m_{\text{отс}} = \frac{\sum_{j=1}^{N_{\text{тф}}} \lambda_{\text{с}j} T_j (K_{\text{нер}} - 1)}{P_{\text{ст}}} \quad (13)$$

Для определения количества железнодорожных путей для временного размещения вагонов следует знать их потребную суммарную полезную длину:

$$L = l_{\text{ваг}}^{\text{ср}} m_{\text{отс}}, \quad (14)$$

где $l_{\text{ваг}}^{\text{ср}}$ – средняя длина вагона, м/ваг.

Заключение

Разработана методика оценки целесообразности использования частных вагонов, находящихся во временном размещении, для погашения среднесуточной неравномерности при погрузке продукции из производства в перевозочные средства, основанная на теории управления запасами, комплексно учитывающая основные принципы логистики и неравномерность спроса на готовую продукцию, позволяющую определить путевое развитие железнодорожного пути необщего пользования, необходимое для временного размещения вагонов грузоотправителей, грузополучателей. В предложенной методике среднесуточные колебания потока вагонов характеризуются коэффициентом неравномерности. В ходе исследования получена формула для определения его значения.

Разработана модель по определению оптимального интервала между подачами вагонов для погрузки продукции при заданных условиях работы. В соответствии с графической интерпретацией модели для случая погашения неравномерности складскими емкостями (см. рис. 5) при малой интенсивности производства 30–60 т/ч стоимость вагоно-часа простоя вагона практически не оказывает влияния на изменение оптимального интервала между подачами (T), а при большем значении λ период T становится все более чувствителен к изменению стоимости вагоно-часа простоя.

Результаты исследования справедливы и могут быть использованы при обосновании выбора режимов взаимодействия магистрального и промышленного железнодорожного транспорта стран Содружества Независимых Государств.

Список литературы

1. Григорюк В.Ф. Оптимизация взаимодействия пунктов погрузки и выгрузки вагонов. – М.: Транспорт, 1986. – 79 с.
2. Смехов А.А. Оптимизация процессов грузовой работы. – М.: Транспорт, 1973. – 264 с.
3. Повышение качества транспортного обслуживания народного хозяйства / А.В. Комаров [и др.]; под общ. ред. А.В. Комарова и В.С. Кравченко. – М.: Транспорт, 1988. – 205 с.
4. Правдин Н.В., Дыканюк М.Л., Негрей В.Я. Прогнозирование грузовых потоков. – М.: Транспорт, 1987. – 249 с.
5. Циркунов Г.А., Еловой И.А., Зайчик В.С. Расчет временных параметров технологического процесса пограничной перегрузочной станции: пособие по курсовому и дипломному проектированию. – Гомель: БелГУТ, 2000. – 38 с.
6. Пути повышения конкурентоспособности железнодорожного транспорта в современных условиях / П.В. Бех, Г.И. Нестеренко, С.И. Музыкина, А.В. Лашков, М.И. Музыкин // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Днепропетровск, 2015. – Вып. 59. – С. 25–39.
7. Вернигора Р.В. Проблемы функционирования железнодорожных подъездных путей Украины в современных условиях // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2012. – Вып. 58. – С. 64–68.

8. Потылкин Е.Н. Закономерности технологических параметров в логистических системах доставки грузов с использованием железнодорожных путей необщего пользования // Наука и транспорт. Вестн. Белор. гос. ун-та транспорта. – 2016. – № 2. – С. 51–53.

9. Костевич Л.С., Лапко А.А. Исследование операций. Теория игр: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Высш. шк., 2008. – 368 с.

10. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии: учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 327 с.

11. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. – М.: Мир, 1969. – 393 с.

12. Еловой И.А., Лебедева И.А. Интегрированные логистические системы доставки ресурсов: теория, методология, организация; под науч. ред. В.Ф. Медведева. – Минск: Право и экономика, 2011. – 461 с. (Сер. «Мировая экономика».)

13. Глушкова Ю.О., Гордашникова О.Ю., Пахомова А.В. Влияние фактора времени на транспортное обслуживание международной цепи поставки // Вестник СибАДИ. – Омск, 2017. – Вып. 6. – С. 23–30.

14. Жарикова Л.С. Совершенствование системы расчета элементов простоя вагонов на станциях в увязке с определением срока доставки: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2016. – 24 с.

15. Казаченко Д.Н., Верлан А.И., Горбова А.В. Определение расчетных объемов работ для магистральных и промышленных железнодорожных станций // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2015. – Вип. 57. – С. 45–57.

16. Сафронов Э.А., Сафронов К.Э., Семенова Е.С. Модель управления транспортными потоками в современных условиях // Вестник СибАДИ. – 2017. – Вып. 1. – С. 77–83.

17. Халипова Н.В. Проектирование и оценка эффективности международных логистических систем // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – 2015. – Вип. 58. – С. 142–152.

18. Jong J.C., Suen C.S., Decision S. Support System to Optimize Railway Stopping Patterns // Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. – 2012. – Vol. 2289. – P. 24–33. DOI: 10.3141/2289-04

19. Mussone L., Calvo R.W. An analytical approach to calculate the capacity of a railway system // European Journal of Operational Research. – 2013. – Vol. 228, iss. 1. – P. 11–23. DOI: 10.1016/j.ejor.2012.12.027

20. Потылкин Е.Н. Конкурентоспособность схем доставки грузов с использованием железнодорожных путей необщего пользования // Проблемы и перспективы развития транспортного комплекса : материалы Междунар. заоч. науч.-практ. конф. / Белорус. науч.-исслед. ин-т трансп. «Транстехника». – Минск, 2015. – С. 110–114.

References

1. Grigorjuk V.F. Optimizacija vzaimo-dejstvija punktov pogruzki i vygruzki vagonov [Optimization of interaction of loading and unloading wagons]. Moscow, Transport, 1986. 79 p.

2. Smehov A.A. Optimizatsiya protsessov gruzovoy raboty [Optimization of cargo operations]. Moscow, Transport, 1973. 264 p.

3. Komarov A.V. Povysheniye kachestva transportnogo obsluzhivaniya narodnogo khozyaystva [Improving the quality of transport servicing of the national economy]. Moscow, Transport, 1988. 205 p.

4. Pravdin N.V., Dykanyuk M.L., Negrey V.Ya. Prognozirovaniye gruzovyh potokov [Prediction of cargo flows]. Moscow, Transport, 1987. 249 p.

5. Cirkunov G.A., Elovoy I.A., Zajchik V.S. Raschet vremennykh parametrov tekhnologicheskogo protsessa pogranchnoy peregruzochnoy stantsii: Posobiye po kursovomu i diplomnomu proyektirovaniyu [Calculation of time parameters of the technological process of the boundary reloading station: Manual for course and diploma design]. Gomel, Belarusian State University of Transport, 2000. 38 p.

6. Bech P.V., Nesterenko G.I., Muzykina S.I., Lashkov O.V., Muzykin M.I. Puti povisheniya konkurentosposobnosti zheleznodorozhnogo transporta v sovremennykh usloviyakh [Ways to increase competitiveness of railway transport in modern conditions]. *Vestnik Dnepropetrovs'kogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta*, 2015, no 59, pp. 25-39.
7. Vernigora R.V. Problemy funkcionirovaniya zheleznodorozhnykh pod'ezdnykh putey Ukrainy v sovremennykh usloviyakh [Problems of functioning of railway sidings of Ukraine in modern conditions]. *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal pere-dovykh tehnologiy*, 2012, no 58, pp. 64-68.
8. Potylkin E.N. Zakonomernosti tekhnologicheskikh parametrov v logisticheskikh sistemakh dostavki gruzov s is-pol'zovaniyem zheleznodorozhnykh putey neobshchego pol'zovaniya [Regularities of technological parameters in logistics delivery systems using non-public railway tracks]. *Nauka i transport. Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universitetata transporta*, 2016, iss. 2, pp. 51-53.
9. Kostevich L.S., Lapko A.A. Issledovaniye operatsiy. Teoriya igr : uchebnoye posobiye [Operations research. Game theory : tutorial]. Minsk, Visheyschaya shkola, 2008, 268 p.
10. Ahnazarova, S.L., Kafarov V.V. Metody optimizatsii jeksperimenta v himicheskoy tehnologii [Methods for opti-mization of experiment in chemical technology]. Moscow, Vysshaya shkola, 1985, 327 p.
11. Han G., Shapiro S. Statisticheskiye modeli v inzhenernykh zadachakh [Statistical models in engineering prob-lems]. Moscow, Mir, 1969, 393 p.
12. Elovoy I.A., Lebedeva I.A. Integrirovannyye logisticheskiye sistemy dostavki resursov : teoriya, metodologiya, or-ganizatsiya [Integrated logistics delivery system resources : the theory, methodology, organization]. Minsk, Pravo i eko-nomika, 2011, 461 p.
13. Glushkova Yu.O., Gordashnikova O.Yu., Pahomova A.V. Vliyaniye faktora vremeni na transportnoye obsluzhivaniye mezhdunarodnoy tsepi postavki [Influence of the time factor on the transport service of the international supply chain]. *Vestnik SibADI*, 2017, no 6, pp. 64-68.
14. Zharikova L.S. Sovershenstvovaniye sistemy rascheta elementov prostoya vagonov na stantsiyakh v uvyazke s opredeleniyem sroka dostavki [Improvement of the system for calculating the idle time of wagons at stations in conjunction with the definition of the delivery time]. Abstract of Ph. D. thesis. Novosibirsk, 2016, 24 p.
15. Kozachenko D.M., Verlan A.I., Horbova O.V. Opredeleniye raschetnykh ob'yemov rabot dlya magistral'nykh i promyshlennykh zheleznodorozhnykh stantsiy [Determination of the estimated scope of work for main and industrial railway stations]. *Vestnik Dnepropetrovs'kogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta*, 2015, no 57, pp. 45-57.
16. Safronov E.A., Safronov K.E., Semenova E.S. Model' upravleniya transportnymi potokami v sovremennykh us-loviyakh [Model of traffic flow management in modern conditions]. *Vestnik SibADI*, 2017, no1, pp. 77-83.
17. Khalipova N.V. Proyektirovaniye i otsenka effektivnosti mezhdunarodnykh logisticheskikh sistem [Designing and evaluating the effectiveness of international logistics systems]. *Vestnik Dnepropetrovs'kogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta*, 2015, no 58, pp. 142-152.
18. Jyh-Cherng Jong, Chian-Shan Suen, S. Chang Decision Support System to Optimize Railway Stopping Patterns // *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2012, December, vol. 2289, pp. 24-33.
19. Lorenzo Mussone, Roberto Wolfler Calvo An analytical approach to calculate the capacity of a railway system // *European Journal of Operational Research*, 2013, July, vol. 228, iss. 1, pp. 11-23.
20. Potylkin E.N. Konkurentosposobnost' skhem dostavki gruzov s ispol'zovaniyem zhe-leznodorozhnykh putey neobshchego pol'zovaniya [Competitiveness of schemes for the delivery of goods using non-public railway tracks]. *Problemy i perspektivy razvitiya transportnogo kompleksa. Materialy mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Minsk, Belorusskii nauchno-issledovatel'skii institut transporta, 2016, pp. 110-114.

Получено 30.07.2018

Об авторе

Потылкин Евгений Николаевич (Гомель, Беларусь) – старший преподаватель кафедры «Управление грузовой и коммерческой работой» Белорусского государственного университета транспорта (246653, г. Гомель, ул. Ки-рова, д. 34, Беларусь, e-mail: gkrt@inbox.ru).

About the author

Evgeny N. Potylkin (Gomel, Republic of Belarus) – Senior Lecturer, Department of Management of Freight and Commercial Work, Belarusian State University of Transport (34, Kirov st., Gomel, 246653, Republic of Belarus, e-mail: gkrt@inbox.ru).