

## **2 РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЛОГИСТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ**

---

ISSN 2225-6741. Рынок транспортных услуг  
(проблемы повышения эффективности).  
Вып. 18. Гомель, 2025

---

УДК 656.225.073.7

*Ю. В. ДУБИНА*

*Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь*

### **ОБОСНОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ИСЧИСЛЕНИЯ СРОКОВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

Рассмотрены правила исчисления сроков доставки грузов, порожних вагонов железнодорожным транспортом, разработаны функциональные зависимости для исчисления данных сроков, позволяющие рассчитывать парк вагонов различной принадлежности в международном и внутригосударственном сообщении с учетом порожнего пробега подвижного состава.

На современном этапе развития железнодорожного транспорта осуществляется трансформация управления и эксплуатации парка грузовых вагонов. Принятие санкций существенно повлияло на географию перевозок грузов железнодорожным транспортом, увеличив расстояние их транспортирования и соответственно продолжительность оборота вагонов, что обусловило появление новых форм рисков. Данная ситуация потребовала разработки новых эффективных подходов к системе управления вагонным парком, его нормирования не только в существующих условиях, но и на перспективу.

Действующая система нормирования количества вагонов для обеспечения перевозок направлена на устойчивое функционирование отрасли, где перевозчик в лице Белорусской железной дороги является основным оператором инвентарного парка вагонов. В то же время на рынке услуг по предложению вагонов для перевозки грузов наблюдается тенденция перехода ряда железнодорожных администраций от инвентарного парка вагонов к подвижному составу других форм собственности. В результате наблюдается расширение рынка распоряжения и оперирования вагонными парками, что требует

пересмотра методологических подходов к нормированию парка различных форм собственности с целью удовлетворения потребностей национальной экономики в эффективных железнодорожных перевозках.

Вагонный парк для перевозки грузов железнодорожным транспортом в Республике Беларусь подразделяется на две группы:

1) вагоны грузоотправителей, грузополучателей: вагоны операторских компаний; собственные вагоны промышленных предприятий и других организаций; арендованные у железной дороги, а также у других субъектов хозяйствования;

2) вагоны национального перевозчика (Белорусской железной дороги).

Рабочий парк инвентарных вагонов для перевозки грузов в оперативных условиях для железной дороги рассчитывается по формуле

$$R = U Q, \quad (1)$$

где  $U$  – работа железной дороги в вагонах за сутки,

$$U = U_{\text{п}} + U_{\text{пр.гр}}^{\text{дор}}, \quad (2)$$

$U_{\text{п}}$ ,  $U_{\text{пр.гр}}^{\text{дор}}$  – соответственно погрузка на железной дороге и прием груженых вагонов, ваг./сут,  $Q$  – оборот вагона, сут.

Для сети железных дорог  $U = U_{\text{п}}$ .

*Оборот вагона* – продолжительность единичного цикла перевозочной работы, т. е. продолжительность времени от одной погрузки (или выгрузки) вагона до следующей погрузки (или выгрузки) этого же вагона. Данный показатель является величиной статистической, так как для конкретного вагона он не рассчитывается, а находится на основании рабочего парка вагонов (в среднем на вагон).

Оборот вагона складывается из времени нахождения вагона на станциях погрузки и выгрузки, в поездах на участках и на технических станциях. За время оборота вагон будет находиться в груженом и порожнем состояниях, которым соответствует груженный ( $l_{\text{гр}}$ ) и порожний ( $l_{\text{пор}}$ ) рейсы. За время оборота вагон проходит полный рейс:  $l = l_{\text{гр}} + l_{\text{пор}}$ .

В существующих условиях отгрузка части продукции в нашем государстве может осуществляться в вагоны отечественных хозяйствующих субъектов: национального перевозчика ( $R_{\text{нп}}$ ), собственные ( $R_{\text{сп}}$ ), арендованные ( $R_{\text{ар}}$ ), операторских компаний ( $R_{\text{ок}}$ ). Причём часть производимой продукции может отгружаться в аналогичные вагоны различных собственников других государств, которые прибывают на нашу территорию в груженом или порожнем

состояниях ( $\Delta R_{\text{нп}}$ ,  $\Delta R_{\text{сп}}$ ,  $\Delta R_{\text{ар}}$ ,  $\Delta R_{\text{ок}}$ ). Тогда потребности в вагонах различных отечественных и зарубежных собственников будет определяться по формуле

$$R_i = U_i Q_i, \quad (3)$$

где  $i$  – собственник вагона,  $i_{\text{max}} = 4$ .

Выражение (3) используется в оперативных условиях, где не учитывается неравномерность вагонопотоков, а оборот вагона является среднестатистической величиной. Для определения потребности вагонов различной принадлежности на перспективу следует учитывать данные особенности, так как оборот вагонов у различных собственников будет неодинаковый и для прогноза неизвестен. В связи с этим формула (3) должна быть преобразована, оборот вагона следует заменить на срок доставки груза или вагонов грузоотправителя (грузополучателя), так как данный параметр является более стабильным в течение достаточно продолжительного времени и применяется для различных собственников вагонов. Тогда формула для  $i$ -го собственника подвижного состава будет иметь вид

$$R_i = K_n(U_i, T_{di}) \cdot U_i T_{di} (1 + \alpha_{\text{пор}}^i), \quad (4)$$

где  $\alpha_{\text{пор}}^i$  – коэффициент порожнего пробега  $i$ -го собственника,  $\alpha_{\text{пор}}^i = l_{\text{пор}}^i / l_{\text{тр}}^i$ ,  $K_n(U_i, T_{di})$  – коэффициент неравномерности, зависящий от двух переменных  $U_i$  и  $T_{di}$ ;  $T_{di}$  – срок доставки груза в вагонах  $i$ -го собственника, сут.

$$T_{di} = t_{\text{нк}}^i + l_{\text{тр}}^i / V_{\text{д}}^i + \sum t_{\text{доп}}^i + \Delta T_{\text{жк}}^i, \quad (5)$$

где  $t_{\text{нк}}^i$  – продолжительность операций, связанных с отправлением и прибытием груза или порожних вагонов, сут;  $V_{\text{д}}^i$  – нормативная скорость доставки груза, порожних вагонов, км/сут;  $\sum t_{\text{доп}}^i$  – сумма дополнительных операций, сут;  $\Delta T_{\text{жк}}^i$  – продолжительность времени, учитывающая возможные задержки груза или порожних вагонов в начально-конечных пунктах или в пути следования, сут.

В пояснениях к формуле (5) приводится понятие «порожние вагоны», под которыми на Белорусской железной дороге понимается порожний подвижной состав грузоотправителей (грузополучателей), а на Российских железных дорогах – порожние контейнеры, порожние грузовые вагоны, не принадлежащие перевозчику. Данные порожние вагоны считаются грузом на своих осях, для них рассчитывается срок доставки и взимается провозная плата. Тогда в формуле (5) вместо  $l_{\text{тр}}^i$  следует подставлять  $l_{\text{пор}}^i$ .

На Российских железных дорогах (РЖД) груз может перевозиться *грузовой и большой* скоростями, которые увеличиваются с ростом расстояния и изменяются в зависимости от вида отправки и технологических особенностей в

пути следования (с сортировкой или без сортировки). При перевозке *грузовой скоростью* выделены две группы норм суточного пробега транспортных средств [3]:

1 Повагонные и контейнерные (без сортировки в пути следования) отправки.

2 Контейнерные (с сортировкой в пути следования) и мелкие отправки.

Перевозка грузов *большой скоростью* разделяется на три группы отправок [3].

1 Повагонные отправки и крупнотоннажные груженые термические контейнеры, перевозимые на сцепах платформ без расформирования сцепа в пути следования.

2 Крупнотоннажные термические и универсальные груженые контейнеры (без сортировки в пути следования), кроме перевозимых на сцепах из платформ без расформирования сцепа в пути следования.

3 Контейнерные (с сортировкой в пути следования) и мелкие отправки.

Следует отметить, что при перевозке *маршрутными отправлениями* грузов, за исключением перевозки животных, нормативный срок доставки грузов и порожних вагонов исчисляется из расчёта нормативного срока 550 км в сутки независимо от расстояния перевозки. Сроки доставки грузов (за исключением животных) и порожних вагонов *групповыми отправлениями* исчисляются исходя из норм суточного пробега для повагонных отправок [3].

Второй элемент ( $\Delta T_{\text{д}}^i = l_{\text{тр}}^i / V_{\text{д}}$ ) формулы (5) характеризует состояние груженого или порожнего вагона или контейнера, когда они находятся в движении от начальной станции отправления до конечной станции назначения, включая технологическое время в процессе накопления вагонов на составы поездов при доставке груза или порожних вагонов. Эта продолжительность времени зависит от плана формирования составов поездов, а также от перевозок грузов на особых условиях. Данные отличия при расчёте  $\Delta T_{\text{д}}^i$  для Российских железных дорог учитывались при определении функциональной зависимости.

В соответствии с формулой (5) сроки доставки, рассчитанные исходя из норм суточного пробега ( $\Delta T_{\text{д}}^i = l_{\text{тр}}^i / V_{\text{д}}$ ), увеличиваются с учетом технологических условий перевозки (таблица 1) [3].

**Таблица 1 – Характеристика возникающих дополнительных операций и их продолжительность при доставке груза или порожних вагонов**

Характеристика дополнительных операций ( $t_{\text{нк}}, \sum t_{\text{доп}}$ )	Продолжительность операций, сут
1 Операции, связанные с отправлением и прибытием груза или порожних вагонов ( $t_{\text{нк}}$ )	2
2 Передача на другой вид транспорта, прием с другого вида транспорта грузов, перевозимых в прямом смешанном сообщении ( $t_{\text{доп}}$ )	1

Окончание таблицы 1

Характеристика дополнительных операций ( $t_{нк}$ , $\sum t_{доп}$ )	Продолжительность операций, сут.
3 Перегрузка грузов в вагоны другой ширины колеи ( $t_{доп}$ )	2
4 Операции, связанные с переадресовкой груза и порожних вагонов ( $t_{доп}$ )	1
5 Перевозка грузов мелкими отправлениями и в контейнерах с сортировкой в пути следования ( $t_{доп}$ ):	
– расстояние до 1000 км	2
– расстояние свыше 1000 км	3
6 Осуществление на пограничных пунктах пропуска Российской Федерации пограничного, таможенного и других видов государственного контроля ( $t_{доп}$ )	1
7 Передача с одной инфраструктуры на другую инфраструктуру ( $t_{доп}$ ):	
– грузов или порожних вагонов	1
– грузов перевозимых на транспортерах, имеющих 12 и более осей, а также, имеющих 1–5-ю степени негабаритности (включительно)	2
8 Перевозка опасных грузов и порожних вагонов после перевозки опасных грузов, если перевозка порожних вагонов осуществляется на условиях перевозки опасных грузов ( $t_{доп}$ )	1
9 Перевозка грузов или порожних вагонов с участием нескольких инфраструктур – на каждую инфраструктуру железнодорожного транспорта общего пользования ( $t_{доп}$ )	1
10 Другие дополнительные операции в соответствии с Правилами ( $t_{доп}$ )	см. Правила

Приведенные в таблице 1 дополнительные операции являются усредненными, не учитывают случайный характер их появления и продолжительность выполнения. В связи с этим в формуле (5) введена дополнительная *случайная составляющая*  $\Delta T_{ож}^i$ , учитывающая возможные задержки грузов или порожних вагонов (таблица 2) [3].

Возможные задержки в пути следования, превышающие нормативные сроки доставки груза или порожних вагонов ( $\Delta T_{ож}^i$ ), рассчитываются на основании формул теории массового обслуживания, моделирования процессов или других математических методов.

Таблица 2 – Возможные задержки при доставке грузов или порожних вагонов ( $\Delta T_{ож}^i$ )

Возможные задержки грузов, порожних вагонов в пути следования	Продолжительность операций, сут
1 Задержка грузов, порожних вагонов таможенными и другими органами государственного контроля в пути следования более чем на одни сутки	$\Delta T_{ож}$
2 Задержка грузов в пути следования для исправления погрузки, устранения перегруза вагонов или коммерческих неисправностей вагонов, контейнеров, допущенных грузоотправителем	$\Delta T_{ож}$
3 Задержка вагонов, контейнеров в пути следования, связанная с оформлением и исправлением обнаруженной технической неисправности, возникшей по причинам, не зависящим от перевозчика	$\Delta T_{ож}$
4 Задержка фактического приема вагонов, контейнеров к перевозке по причине коммерческих неисправностей вагонов, контейнеров, установленных перевозчиком в соответствии с правилами приема грузов к перевозке	$\Delta T_{ож}$
5 Задержка вагонов на промежуточных станциях в случае невозможности их приема железнодорожной станцией назначения по причинам, зависящим от грузополучателей, владельцев путей необщего пользования или пользователей, обслуживающих грузополучателей своими локомотивами	$\Delta T_{ож}$
6 Задержка вагонов, контейнеров в ожидании оформления переадресовки по причинам, не зависящим от перевозчика	$\Delta T_{ож}$
7 Задержка грузов, перевозимых в прямом смешанном сообщении, в порту перевалки, связанная с ожиданием отправления грузов морским или речным транспортом, если такая задержка произошла по причинам, не зависящим от перевозчика	$\Delta T_{ож}$
8 Задержка принятых к перевозке вагонов и контейнеров на железнодорожных путях необщего пользования, если задержка произошла по причинам, не зависящим от перевозчика	$\Delta T_{ож}$
9 Другие задержки как в соответствии с Правилами, так и форс-мажорными обстоятельствами	$\Delta T_{ож}$

Результаты расчетов используются для обоснования перспективной потребности в вагонах, увеличения пропускной и перерабатывающей способности «узких мест» в схемах доставки грузов и других мероприятий.

Для установления функциональной зависимости, исходя из норм суточного пробега  $\Delta T_{д}^i = l_{тр}^i / V_{д}^i$ , нормативные сроки доставки для РЖД были объединены в группы в зависимости от величины отправки и расстояния перевозки. Полученные численные сроки доставки при перевозке груза и порожних вагонов грузовой и большой скоростями были аппроксимированы функцией [2]

$$\Delta T_{д}^i = a_0(a_2 + b_2 q_i + c_2 / q_i)(a_3 l_{тр}^i + b_3), \quad (6)$$

где  $a_j, b_j, c_j$  – постоянные коэффициенты;  $q$  – величина отправки, т.

Аналогичные исследования были выполнены для Белорусской железной дороги [1]. Результаты по установлению функциональной зависимости в соответствии с формулой (6) приведены в таблице 3 [2].

Отличительные особенности исчисления сроков доставки на Белорусской железной дороге состоят в следующем [1]:

1 В формуле (5) величина  $t_{\text{нк}}^i = 3$  суток, а на РЖД данный элемент равен  $t_{\text{нк}}^i = 2$  суток (см. таблицу 1).

2 Аналогично в формуле (5) составляющие  $\sum t_{\text{доп}}^i$  принимают значения:

1 сутки – при передаче грузов организации, оказывающей транспортно-экспедиционные услуги или обратно;

7 суток – на операции накопления, сортировки грузов, перевозимых мелкими и контейнерными отправлениями; другие операции, аналогичные Российским железным дорогам, включая составляющую формулы (5) величину  $\Delta T_{\text{ож}}^i$ .

Таблица 3 – Функциональные зависимости для определения  $\Delta T_{\text{д}}^i = f(q_i, l_{\text{гр}}^i)$

Администрация	Вид скорости	Формула функциональной зависимости, суток
РЖД	Грузовая	$\Delta T_{\text{д}}^i = 0,872 \left( 8,188 + \frac{18,198}{q_i} - 0,00071 q_i \right) \times$ $\times 0,0003 l_{\text{гр}}^i + 0,1837$
	Большая	$\Delta T_{\text{д}}^i = 0,893 \left( 7,059 + \frac{11,109}{q_i} - 0,00039 q_i \right) \times$ $\times 0,0003 l_{\text{гр}}^i + 0,1417$
БЧ	Грузовая	$\Delta T_{\text{д}}^i = 1,01 \left( 2,146 + \frac{4,216}{q_i} - 0,00043 q_i \right) \times$ $\times 0,0022 l_{\text{гр}}^i + 0,0004$
Примечание – В таблице 3 приняты следующие ограничения: $5 \text{ т} \leq q_i \leq 3500 \text{ т}$ ; $l_{\text{гр}}^i \leq 11000 \text{ км}$ , для БЧ $l_{\text{гр}}^i \leq 800 \text{ км}$ .		

Таким образом, разработанные функциональные зависимости для определения сроков доставки груза, железнодорожных вагонов целесообразно использовать в целевой функции для оценки эффективности схем доставки продукции с участием железнодорожного транспорта, которые впоследствии используются для расчета парка вагонов в зависимости от их принадлежности, пропускной способности железнодорожных участков. Предлагаемые

функциональные зависимости также могут быть применены для анализа и расчета платы за пользование вагонами операторской компании, которая затем сравнивается с рыночной ставкой. Данный подход может быть реализован в задачах искусственного интеллекта.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Правила исчисления сроков доставки грузов железнодорожным транспортом общего пользования : утв. постановлением М-ва трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь 31 авг. 2008 г. № 409; в ред. постановления Минтранса от 13 июля 2015 г. № 33, от 9 дек. 2022 г. № 106) // БЖД. – URL: <https://www.rw.by/uploads/userfiles/docs/srokidostavki.pdf> (дата обращения: 10.10.2025).

2 **Черненко, В. Д.** Высшая математика в примерах и задачах : учеб. пособие для вузов. В 3 т. Т. 3 / В. Д. Черненко. – СПб. : Политехника, 2003. – 476 с.

3 Правила исчисления сроков доставки грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом : утв. приказом Минтранса России от 7 авг. 2015 г. № 245 (в ред. приказа Минтранса РФ от 18 дек. 2017 г. № 543) // МЕГАНОРМ. – URL: <https://mega-norm.ru/Data2/1/4293756/4293756195.pdf> (дата обращения: 10.10.2025).

*Yu. DUBINA*

*Ministry of Transport and Communications of the Republic of Belarus*

#### **JUSTIFICATION OF FUNCTIONAL DEPENDENCIES FOR CALCULATING THE DATES OF CARGO DELIVERY BY RAILWAY TRANSPORT**

The article considers the rules for calculating the delivery time of goods and empty wagons by rail, and develops functional dependencies for calculating these delivery times, which allow for the calculation of the fleet of wagons of various types in international and domestic traffic, taking into account the empty run of rolling stock.

Получено 20.10.2025