

УДК 656.225:656.072

Е. Н. ПОТЫЛКИН, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СХЕМАХ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ НЕОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Рассмотрены вопросы определения закономерностей технологических параметров в логистических и обычных схемах доставки грузов и установлены числовые характеристики изучаемых случайных величин, таких как ожидание уборки вагонов, интервал между подачами и др. Результаты исследований могут быть использованы для определения эффективных режимов взаимодействия железнодорожных станций с подъездными путями промышленных предприятий.

**В** настоящее время в Республике Беларусь активно развивается рынок транспортных услуг, что требует формирования эффективной транспортно-логистической системы страны. В связи с этим развитие грузовых перевозок, на которые приходится 85 % доходов Белорусской железной дороги, и эффективная их организация является сегодня актуальной задачей. При этом следует отметить тенденцию роста конкуренции среди перевозчиков, что способствует организации новых схем доставки грузов.

Многие организации при транспортировке грузов отдают предпочтение автомобильному транспорту. Однако крупные промышленные предприятия, работающие с сырьевыми грузами (ОАО «Беларуськалий», ОАО «Белорусский металлургический завод», цементные заводы и др.), согласно сложившейся практики организации работы по отправке готовой продукции используют пути необщего пользования, применяя схемы доставки ресурсов с участием Белорусской железной дороги. При этом документом, регламентирующим взаимодействие перевозчика и грузовладельца, является договор на эксплуатацию подъездного пути при его обслуживании локомотивом предприятия или договор на подачу-уборку при обслуживании локомотивом железной дороги. Возможные схемы доставки грузов поставщиками потребителям приведены на рисунке 1 [2, с. 164].

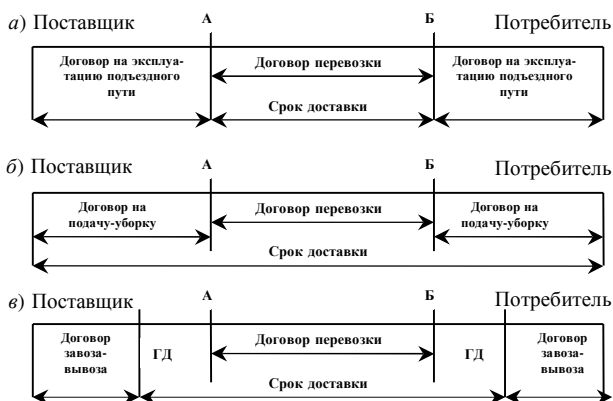


Рисунок 1 – Возможные схемы доставки грузов с участием железнодорожного транспорта:

а – маневровый локомотив предприятия на станции отправления и назначения; б – маневровый локомотив железной дороги на станциях отправления и назначения; в – погрузка и выгрузка на местах общего пользования

На рисунке 2 представлена логистическая схема доставки грузов.

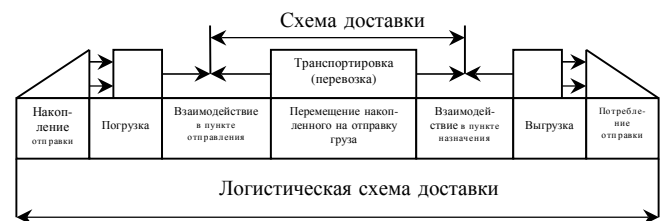


Рисунок 2 – Логистическая схема доставки грузов

Анализ представленных схем показал, что в отличие от обычной схемы доставки грузов, логистическая схема учитывает накопление продукции на отправку у отправителя и потребление её у получателя. При этом также учитываются режимы взаимодействия транспорта с грузоотправителями и грузополучателями в начально-конечных пунктах.

Поэтому объектом исследования в данной задаче является схема доставки груза, а предметом – взаимодействие железнодорожных станций с путями необщего пользования для обслуживания промышленных предприятий. Для решения поставленной задачи необходимо установить закономерности изменения технологических параметров в логистических схемах доставки грузов, где используются железнодорожные пути необщего пользования.

Рассматривая отдельные элементы логистической схемы доставки грузов, как одноканальные системы массового обслуживания, разбитые на элементарные составляющие, где в качестве требования выступает непрерывное выполнение комплекса технологических операций с вагонами, можно выявить наличие межоперационных простоев, что обусловлено колебаниями входящего потока и неравномерностью обслуживания (рисунок 3) [1, с. 317]. Среднее время ожидания обработки требований рекомендуется определять по формуле [6, с. 12]:

$$t_{ож} = \frac{\rho^2(v_{вх}^2 + v_{обсл}^2)}{2\lambda(1-\rho)}, \quad (1)$$

где  $v_{вх}$ ,  $v_{обсл}$  – коэффициенты вариации, соответственно, входящего потока требований и продолжительности обслуживания;  $\rho$  – загрузка системы;  $\lambda$  – интенсивность поступления требований, требований/ч.

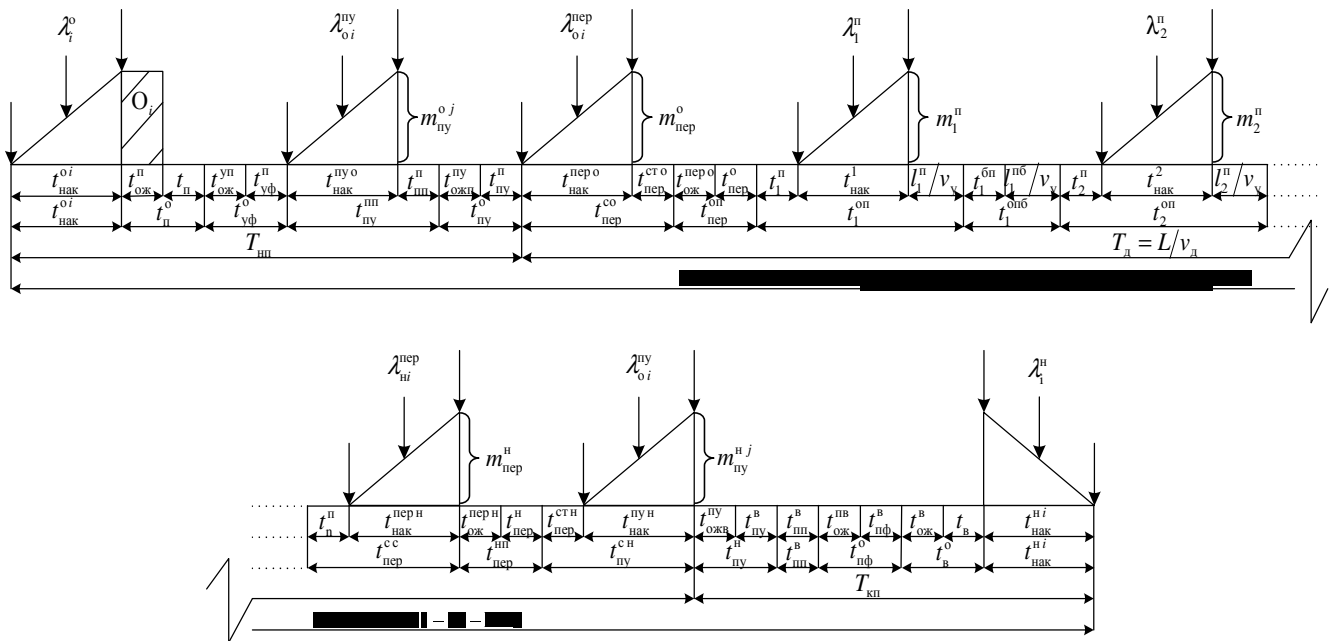


Рисунок 3 – Логистическая схема доставки грузов с указанием временных параметров

Для определения закономерностей изменения  $v_{вх}$  и  $v_{обсл}$  на примере ОАО «Гродно Азот» рассмотрена продолжительность временных составляющих логистической схемы доставки (ожидание уборки вагонов после выполнения с ними грузовых операций, интервал между подачами, простой путей в цехах) при взаимодействии железнодорожных путей необщего пользования и станции примыкания. Например, в результате обработки эмпирических данных построена гистограмма распределения интервалов между подачами вагонов в цех под выгрузку бензола (рисунок 4).

Далее полученные результаты выборочных оценок  $b_1, b_2$  могут быть представлены на графике, как точка А с координатами  $(b_1; b_2)$  [3, с. 231]. При этом, если точка А будет находится на достаточно близком расстоянии от кривой или области, представленной на графике, то это распределение может быть использовано для описания эмпирических данных.

В таблицах 1 и 2 представлены числовые характеристики временных интервалов между подачами в цеха и продолжительности ожидания уборки вагонов из цехов ОАО «Гродно Азот».

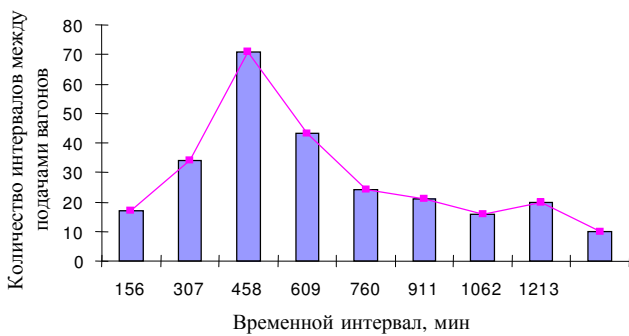


Рисунок 4 – Гистограмма распределения интервалов между подачами вагонов в цех под выгрузку бензола

Для того чтобы установить, к какому закону распределения следует отнести случайные величины, использованы области в плоскости  $\beta_1$  и  $\beta_2$  для различных распределений, которые определяются на основании выборочных оценок  $b_1$  и  $b_2$ :

$$\sqrt{b_1} = \frac{m_3}{(m_2)^{3/2}}, \quad (2)$$

$$b_2 = \frac{m_4}{(m_2)^2}, \quad (3)$$

где  $m_2, m_3, m_4$  – соответственно второй, третий, четвертый центральные моменты относительно математического ожидания [3, с. 64, 231].

Таблица 1 – Числовые характеристики интервалов времени между подачами в цеха ОАО «Гродно Азот»

Показатель	Значения числовых характеристик для цехов				
	Карбонид-П	Сульфат	Сера	Бензол	Мазут
Математическое ожидание, мин	454,4	332,2	396	641	560
Стандартное отклонение, мин	298,5	253,0	369	324	394
Дисперсия выборки	89121	$64 \cdot 10^3$	$135 \cdot 10^3$	$104 \cdot 10^3$	$155 \cdot 10^3$
Экссесс	0,8	-1,3	1,8	-0,5	0,2
Асимметричность	1,2	0,4	1,7	0,6	1,3
Объем выборки	144	241	207	256	158
Коэффициент вариации	0,66	0,76	0,93	0,50	0,70
Выборочная оценка $b_1$	$2,1 \cdot 10^{-15}$	$7,6 \cdot 10^{-16}$	$1,2 \cdot 10^{-15}$	$3,6 \cdot 10^{-16}$	$4,8 \cdot 10^{-16}$
Выборочная оценка $b_2$	$9,9 \cdot 10^{-11}$	$-3,3 \cdot 10^{-10}$	$9,7 \cdot 10^{-11}$	$-4 \cdot 10^{-11}$	$9,5 \cdot 10^{-12}$

Таблица 2 – Числовые характеристики продолжительности ожидания уборки вагонов из цехов ОАО «Гродно Азот»

Показатель	Значения числовых характеристик для цехов				
	Карбо-мид-П	Сульфат аммония	Сера	Бензол	Мазут
Математическое ожидание, мин	35,97	73,3	30,7	33,0	29
Стандартное отклонение, мин	30,8	69,45	24,8	30,1	17,8
Дисперсия выборки	947,2	4823,3	615,9	906	317
Эксцесс	2,1	0,34	5,54	2,34	1,5
Асимметричность	1,8	1,28	2,48	1,86	1,55
Объем выборки	138	224	245	215	179
Коэффициент вариации	0,86	0,95	0,81	0,91	0,61
Выборочная оценка $b_1$	$3,77 \cdot 10^{-9}$	$1,45 \cdot 10^{-11}$	$2,65 \cdot 10^{-8}$	$4,65 \cdot 10^{-9}$	$7,6 \cdot 10^{-8}$
Выборочная оценка $b_2$	$2,34 \cdot 10^{-6}$	$1,44 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$2,85 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$

В формуле (1) нагрузка системы  $\rho$  может быть определена, исходя из ее простоя (таблица 3).

Таблица 3 – Числовые характеристики незанятости путей в цехах ОАО «Гродно Азот»

Показатель	Значения числовых характеристик для цехов				
	Сера	Карбо-мид-П	Карбо-мид-П	Сульфат аммония	Сульфат аммония
	Номер пути				
	1	1	2	1	2
Математическое ожидание, мин	70,3	679	1036	740	1098
Стандартное отклонение, мин	28,3	587	744	723,7	1197
Дисперсия выборки	801	$3,4 \cdot 10^5$	$5,5 \cdot 10^5$	$5,2 \cdot 10^5$	$14 \cdot 10^5$
Эксцесс	2,29	2,4	1,6	5,7	9,8
Асимметричность	1,44	1,8	1,34	2,4	3,2
Объем выборки	52,0	30,0	24,0	33,0	27,0
Коэффициент вариации	0,4	0,86	0,72	0,98	0,98
Выборочная оценка $b_1$	$4,1 \cdot 10^{-9}$	$8,04 \cdot 10^{-17}$	$1,1 \cdot 10^{-17}$	$4,2 \cdot 10^{-17}$	$3,5 \cdot 10^{-18}$
Выборочная оценка $b_2$	$3,6 \cdot 10^{-6}$	$2,02 \cdot 10^{-11}$	$5,2 \cdot 10^{-12}$	$2,1 \cdot 10^{-11}$	$4,8 \cdot 10^{-12}$

Точки, полученные из комбинаций  $b_1$  и  $b_2$ , нанесенные на график, оказались в критической области, что позволяет сделать вывод о том, что исследуемые случайные величины принимают недетерминированные значения.

При применении такого метода описания эмпирических данных необходимо учитывать два важных ограничения. Во-первых, для любого множества данных  $b_1$  и

$b_2$  являются лишь оценками и подвержены колебаниям от выборки к выборке, эти оценки очень чувствительны к небольшому числу крайних значений, поэтому данный метод необходимо использовать с осторожностью, особенно когда число наблюдений невелико, например меньше 200. Во-вторых, в общем случае форма распределения не определяется однозначно его нормированными показателями асимметрии и островершинности. Более общим методом определения характеристик эмпирических данных является применение распределений Джонсона или Пирсона [4, с. 232].

Большие возможности для описания колебаний случайных величин обеспечивает система кривых Пирсона, задаваемая дифференциальным уравнением

$$\frac{dP(x)}{dx} = \frac{x-a}{b_0 + b_1x + b_2x^2} P(x), \quad (4)$$

где  $a$ ,  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  – постоянные параметры распределения, которые вычисляются методом моментов [4, с. 120].

Основные типы кривых Пирсона представлены на номограмме для определения типа кривой в зависимости от параметров  $\beta_1$  и  $\beta_2$  [с. 121, 4]. Определение параметров  $\beta_1$  и  $\beta_2$  аналогично определению ранее рассмотренных  $b_1$ ,  $b_2$ . Точки, полученные из комбинаций  $\beta_1$  и  $\beta_2$ , нанесенные на номограмму оказались отдаленными от основных типов кривых Пирсона, представленных на ней. Это свидетельствует о том, что изучаемые временные элементы логистической схемы доставки грузов принимают недетерминированные значения, а отклонения от их средних значений носят случайный характер. Данное положение было подтверждено после применения программных пакетов Microsoft Excel, Statgraphics к рассматриваемым случайным величинам.

Рассчитанные числовые характеристики временных параметров необходимы для определения межоперационных простоев логистической схемы доставки грузов по формуле (1). В свою очередь численные значения простоев позволяют обосновать выбор оптимальных режимов взаимодействия железнодорожных станций с подъездными путями промышленных предприятий.

Помимо временных параметров, оказывающих влияние на режимы взаимодействия железнодорожных станций с путями необщего пользования, следует выделить и размеры вагонопотоков, поступающих на них. Это связано с наличием на грузовых фронтах предприятий ограничений по размерам одновременной подачи, одновременной погрузки либо выгрузки. Кроме того, величина вагонопотока, поступающего на путь необщего пользования, влияет на продолжительность выполнения маневровых, подготовительно-заключительных операций и т.п.

С достаточной для практики точностью расчет важнейшего показателя (коэффициента вариации), позволяющего оценить размер колебаний вагонопотока, целесообразно выполнять с помощью следующей зависимости:

$$v = am^b, \quad (5)$$

где  $m$  – среднее значение вагонопотока, вагонов;  $a$ ,  $b$  – эмпирические коэффициенты [4, с. 152].

Данная формула также может быть применима при определении коэффициента вариации местных поездопотоков.

На основании выполненных исследований получены зависимости коэффициента вариации местных вагоно- и поездопотоков от их среднесуточного поступления, представленные в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость коэффициента вариации местных вагоно- и поездопотоков от их среднесуточного поступления

Категория потоков	Корреляционная зависимость
Входящий поток разборочных поездов на грузовые и пограничные станции	$v = 0,28N^{-0,238}$
Общий входящий поток местных вагонов	$v = 1,75n^{-0,338}$
Поток вагонов по фронтам подачи	$v = 1,79n^{-0,434}$
Общий поток вагонов с фронтов подачи	$v = 1,7n^{-0,345}$
Выходящий поток поездов своего формирования	$v = 0,38N^{-0,278}$
Погрузка вагонов	$v = 1,21n^{-0,391}$
Выгрузка вагонов	$v = 1,29n^{-0,390}$
Входящий поток разборочных поездов, подачи	$v = 0,53N^{-0,438}$
<i>Примечание</i> – $N$ – среднесуточное количество поездов; $n$ – среднесуточное количество вагонов.	

Анализ таблицы 4 показал, что коэффициент вариации местных поездопотоков может принимать значения в интервале от 0,1 до 0,53, что указывает на наличие отклонений числа местных поездопотоков от их среднесуточного количества. Это связано с различным техническим оснащением станций, применением либо автоматической, либо полуавтоматической блокировок на участках и т.п. В то же время значения, которые может принимать коэффициент вариации местных вагонопотоков, находятся в интервале от 0,25 до 1,0, что обусловлено недетерминированностью потока. Это связано с наличием на сети Белорусской железной дороги путей необщего пользования, как крупных, так и малодействительных, с различным техническим оснащением их и т.п.

Выявленные аналитические зависимости целесообразно использовать в расчетах при обосновании выбора оптимальных режимов взаимодействия железнодорожных станций с путями необщего пользования. Данное взаимодействие необходимо рассматривать в рамках логистической схемы доставки грузов. Это связано с тем, что системный подход при исследовании работы железнодорожных станций и примыкающих к ним путей необщего пользования позволяет учесть не только само взаимодействие грузовладельца с перевозчиком, но и накопление продукции на отправку у отправителя и потребление у получателя, а также продвижение материального, информационного, финансового потоков. Кроме того, важно учесть, что взаимодействие желез-

нодорожных станций с путями необщего пользования необходимо рассматривать с позиции грузовладельца. Это связано с выявлением слабых позиций при организации работы станции и подъездного пути, устранение которых напрямую влияет на повышение конкурентоспособности железнодорожного транспорта на рынке транспортных услуг.

#### Выводы:

– интеграция экономики Беларуси в процессы глобализации может быть реализована на основе принципов, правил и законов логистики с учетом особенностей производственного и транспортного потенциала, географического расположения, национальных традиций, проводимой государственной политики [1, с. 182];

– линейно-упорядоченные множества физических и/или юридических лиц, непосредственно участвующих в перемещении конкретных отправок грузов от производителя до потребителя, являются важнейшими элементами сложных логистических систем. В свою очередь основными составляющими логистических цепей движения ресурсов являются схемы доставки, соединяющие отправителя и получателя груза в этих цепях;

– между начальными звеньями сложной логистической производственной транспортной системы перевозка сырьевых ресурсов целесообразна с использованием схем доставки с участием железной дороги, где отправитель и/или получатель имеют подъездные пути;

– исследуемые случайные величины являются недетерминированными. Полученные числовые характеристики случайных величин, необходимые для расчета межоперационных простоев вагонов, могут быть использованы для выбора эффективных режимов взаимодействия железнодорожных станций с путями необщего пользования.

#### Список литературы

- 1 **Еловой, И. А.** Интегрированные логистические системы доставки ресурсов : теория, методология, организация / И. А. Еловой, И. А. Лебедева ; под науч. ред. В. Ф. Медведева. – Минск : Право и экономика, 2011. – 461 с.
- 2 **Еловой, И. А.** Основы коммерческой логистики : учеб.-метод. пособие / И. А. Еловой. – Гомель : БелГУТ, 2008. – 184 с.
- 3 **Хан, Г.** Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро. – М. : Мир, 1969. – 393 с.
- 4 **Правдин, Н. В.** Прогнозирование грузовых потоков / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М. : Транспорт, 1987. – 249 с.
- 5 Оптимизация процессов грузовой работы / А. А. Смехов [и др.]. – М. : Транспорт, 1973. – 264 с.
- 6 **Циркунов, Г. А.** Расчет временных параметров технологического процесса пограничной перегрузочной станции: пособие по курсовому и дипломному проектированию / Г. А. Циркунов, И. А. Еловой, В. С. Зайчик. – Гомель : БелГУТ, 2000. – 38 с.

Получено 27.02.2015

**Y. N. Potylkin.** Patterns of technological parameters in the logistic schemes of delivery of cargoes by railways sidetracks.

Describe how to find patterns of technological parameters in the logistic and the normal patterns of delivery and set numerical characteristics of the studied random variables such as waiting for the innings cars, the interval between innings and other. The research results can be used to identify effective modes of interaction railway stations with sidetracks industrial enterprises.