

УДК 656.222.3

А. Б. МАКРИДЕНКО, Белорусская железная дорога, г. Минск, Т. В. ПИЛЬГУН, кандидат технических наук, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, В. Г. КУЗНЕЦОВ, кандидат технических наук, И. М. ЛИТВИНОВА, М. Ю. СТРАДОМСКИЙ, магистр технических наук, В. Г. КОЗЛОВ, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОЦЕНКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ВАГОНОПОТОКОВ НА ТЕХНИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Технические станции рассматриваются как важный объект инфраструктуры железнодорожного транспорта, который обладает значительными ресурсами, необходимыми для переработки вагонопотока. Дана системная оценка параметров, определяющих роль технической станции в системе организации вагонопотоков на железнодорожном транспорте Республики Беларусь. Установлено распределение эксплуатационной работы на железнодорожных станциях исходя из основных признаков переработки вагонопотока: объемов, структуры вагонопотока, поездопотока, назначений плана формирования. Рассмотрены особенности ранжирования железнодорожных станций исходя из классификационных признаков участия в системе организации вагонопотока. Представлены подходы к оценке распределения работы между техническими станциями с учетом развития рынка участников перевозочного процесса.

Одной из основных услуг железнодорожного транспорта является организация вагонопотоков в грузовые поезда на железнодорожных станциях. Реализация этой услуги оператора инфраструктуры требует значительных технических, технологических, трудовых, людских и иных ресурсов, которые концентрируются на железнодорожных станциях исходя из системного распределения сортировочной работы при организации перевозочного процесса [1].

Железнодорожные станции, участвующие в организации вагонопотока. На Белорусской железной дороге организация вагонопотоков в грузовые поезда и соответствующее распределение сортировочной работы между железнодорожными станциями транспортной сети осуществляются на основании плана формирования грузовых поездов (ПФП) [3, 4]. В расчете ПФП участвуют технические (сортировочные, грузовые и участковые) станции, а также отдельные промежуточные железнодорожные станции, открытые для грузовых операций.

На Белорусской железной дороге 76 железнодорожных станций (30 % от общего количества станций, открытых для грузовых операций) включены в организацию вагонопотоков в грузовые поезда и обеспечивают формирование поездов в соответствии с ПФП. Структурно в зависимости от категории станций в ПФП участвуют: сортировочные – 9, участковые – 10, грузовые – 22, промежуточные – 35.

В общей структуре вагонопотока, пропускаемого на станциях железной дороги (с переработкой и без переработки), на сортировочные станции приходится 41 %, на участковые – 27, грузовые – 19, промежуточные станции – 12 %.

Общий объем переработки на станциях железной дороги растет; ежегодный прирост составляет – 1,6 %. Переработка вагонов на станциях распределяется следующим образом: сортировочные станции – 41, участковые – 21, грузовые – 30, промежуточные – 8 %.

Растет и общий объем работы с транзитными вагонами на станциях железной дороги, ежегодный прирост составляет – 4 %. Объем работы по обслуживанию транзитных вагонопотоков без переработки имеет распределение: сортировочные станции – 39, участковые – 28, грузовые – 14 %.

На сортировочных станциях имеется тенденция увеличения ежегодно объема сортировочной работы на 3 %, на участковых станциях – на 1,4 %, грузовых станциях – на 2,3 %.

Увеличивается на сортировочных станциях ежегодно и объем обслуживания транзитного вагонопотока без переработки на 4 %, на участковых станциях – на 5 %, на грузовых станциях – на 3 %.

За последние 15 лет средний прирост переработки на одной сортировочной горке вагонов составил 37 %. Наличие значительного резерва перерабатывающей способности требует постоянной адаптации системы организации вагонопотока для снижения издержек на переработку.

Ранг железнодорожных станций, участвующих в ПФП, устанавливается по двум факторам: количеству назначений, формируемых на станциях, и объему переработки вагонопотока на станции:

$$R(k_n, n_{\text{пер}}) = \{r_{ij}\}. \quad (1)$$

Ранжирование сортировочных станций по объему сортировочной работы показывает, что объем переработки вагонов на станциях изменяется в диапазоне от 500 до 3000 вагонов в сутки. В диапазоне до 1000 вагонов работают две станции, до 2000 вагонов – шесть станций, до 3000 вагонов – семь станций, свыше 3000 вагонов – одна станция.

Структурно-сетевая схема размещения технических станций на полигоне инфраструктуры характеризуется плотностью размещения и расстоянием между техническими станциями, связанными участковыми назначениями.

Анализ распределения расстояний между техническими станциями показывает высокую плотность размещения станций ($\lambda = 1,4$ станции на 100 км эксплуатационной длины железной дороги). Повышение транзитности следования вагонопотока связана с концентрацией работы на минимальном количестве станций, достаточном для поиска рационального решения [2].

Технологическая роль технических станций в системе организации вагонопотоков зависит от уровня участия в формировании грузовых поездов по видам сообщений:

- сквозных (отправительских) назначений в международном сообщении;
- сквозных (отправительских) назначений во внутреспубликанском сообщении;
- местных поездов (участковых, сборных, вывозных, передаточных) регионального сообщения, входящих в зону обслуживания объединенной (опорной) станции.

Каждая техническая станция выполняет свое технологическое назначение в переработке вагонопотока в зависимости от ПФП [2], поэтому при анализе вариантов перераспределения сортировочной работы между станциями Белорусской железной дороги необходимо учитывать совокупность факторов:

- технологическое назначение технической станции в системе организации вагонопотоков [5];
- устойчивость объемов и структуру вагонопотоков, перерабатываемых на станции [6];
- динамику использования путевых и технических устройств для организации вагонопотока на станции [8];
- уровень интеллектуализации процессов управления на станции [7, 9].

Анализ плана формирования грузовых поездов. Количество назначений, установленных для железнодорожной станции, определяется планом формирования перевозчика:

$$k_{ст} = \sum_{i=1}^D k_{ni}, \quad (2)$$

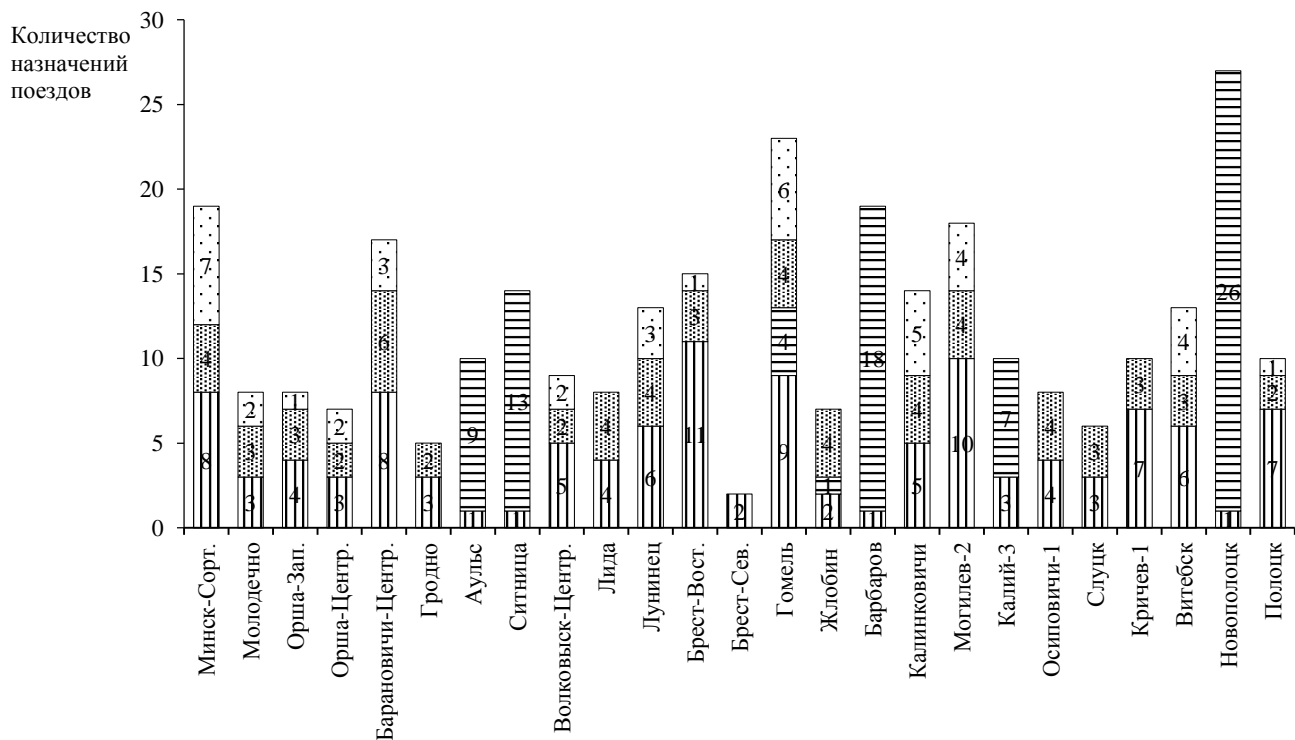


Рисунок 1 – Структура назначений поездов действующего ПФП на основных железнодорожных станциях:

■ – участковые; □ – сквозные; ▨ – отправительские маршруты; ▩ – сборные, вывозные, передаточные, диспетчерские локомотивы.

В действующем ПФП удельный вес сквозных и отправительских назначений составляет около 39 % от общего количества назначений поездов. Количество участковых назначений является наиболее стабильной частью ПФП (составляет 17 % от общего), определяется топологией транспортной сети Белорусской железной дороги и соответствует количеству примыкающих направлений к железнодорожной станции. В отдельных

где D – количество перевозчиков, использующих данную станцию для выполнения сортировочной работы в соответствии с собственным ПФП; k_{ni} – количество назначений перевозчика,

$$k_{ni} = \sum_{j=1}^G k_{ij} = k_{скви} + k_{учи} + k_{отпри} + k_{техни} + k_{сбi} \dots, \quad (3)$$

k_{ij} – количество назначений j -й категории, формируемых на технической станции i -м перевозчиком: сквозных ($k_{скви}$), участковых ($k_{учи}$), отправительских ($k_{отпри}$), технологических ($k_{техни}$), сборных ($k_{сбi}$) и иных; G – количество назначений, заявленных перевозчиком на технической станции.

Белорусская железная дорога, являясь национальным перевозчиком на инфраструктуре железнодорожного транспорта общего пользования Республики Беларусь, устанавливает назначения грузовых поездов во внутрисоюзном сообщении, а также в международном сообщении, которые согласованы с железнодорожными администрациями, причастными к пропуску поездов на своей инфраструктуре. Взаимодействие железнодорожных администраций осуществляется в рамках Содружества железных дорог.

Структура назначений поездов действующего ПФП на основных железнодорожных станциях приведена на рисунке 1.

случаях вместо участковых назначений устанавливаются групповые поезда.

Динамика изменения количества назначений сквозных и участковых поездов в ПФП с 2010 по 2017 годы приведена на рисунке 2. Такое распределение характеризует систему организации вагонопотоков на Белорусской железной как двухцелевую – оптимизация ПФП в международном и местном сообщениях.

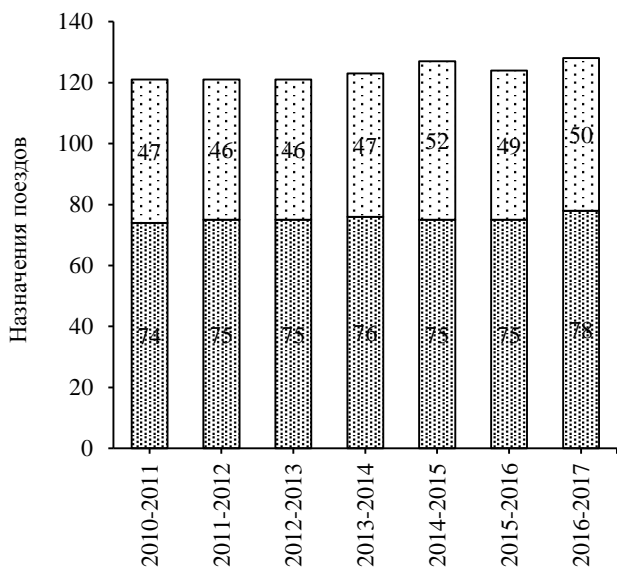


Рисунок 2 – Количество назначений сквозных и участковых поездов в ПФП с 2010 по 2017 годы:
 □ – сквозные; ▨ – участковые

Роль железнодорожной станции в зависимости от формирования поездов по дальности назначения может быть оценена по формированию сквозных и отправительских маршрутов. Наибольшее количество сквозных назначений поездов установлено на станции Минск-Сортировочный (7 назначений), отправительских маршрутов – на станции Новополоцк (26 назначений).

Среднее количество сквозных назначений, приходящееся на одну техническую станцию дороги, составляет два сквозных назначения поездов (на одну сортировочную станцию – в среднем три сквозных назначения поездов), отправительских маршрутов – три назначения поездов. Из сквозных назначений поездов 77 % проходят только одну техническую станцию без переработки.

Средняя дальность назначения сквозного поезда в международном сообщении составляет 288 км (по Белорусской железной дороге – 266 км), при этом поезда проследуют в среднем одну техническую станцию без переработки. Средняя дальность отправительских маршрутов в международном сообщении составляет 649 км (по Белорусской железной дороге – 290 км).

Анализ динамики изменения количества назначений сквозных и участковых поездов выявил их относительную стабильность: в рассматриваемый период годовая неравномерность составила до 5 %. Общее количество назначений сквозных и участковых поездов, установленных в ПФП, в 2017 году составило 106 % к уровню 2010 года. Для участковых назначений поездов выявленная динамика определяется в основном топологией транспортной сети.

Анализ изменений назначений сквозных и участковых поездов в ПФП в период с 2010 по 2017 годы показал, что назначения сквозных поездов изменялись незначительно по отношению к общему количеству назначений поездов. Изменения сквозных назначением связаны, в основном, с уменьшением или увеличением объемов и дальности следования грузопотока, а изменения назначений участковых поездов – с изменением объемов местных вагонопотоков и изменением технологии организации местной работы на участках и в узлах.

Назначения местных поездов (сборных, вывозных, передаточных, диспетчерских локомотивов), установленных ПФП и технологиями организации местной работы на отделениях дороги также имеют стабильный характер в системе организации вагонопотоков. Корректировка назначений местных поездов осуществляется при изменении объемов местной работы на участках, примыкающих к техническим станциям, а также при изменении направлений перевозки грузов и перемещении порожних вагонов.

В результате анализа назначений местных поездов, установленных ПФП и технологическими процессами организации местной работы на отделениях дороги, можно выделить следующие корректировочные меры:

- ввод (отмена) дополнительных назначений вывозных или передаточных поездов при увеличении (уменьшении) объемов грузовой работы на отдельных станциях (прежде всего сезонного характера);
- отмена сборного поезда и назначение вывозных, участково-сборных, участковых (с прицепкой групп вагонов на станции участка) поездов;
- ввод назначений сборных поездов при увеличении количества станций, выполняющих грузовую работу.

Результаты ретроспективного сравнительного анализа изменений назначений местных поездов, установленных ПФП и технологическими процессами организации местной работы на отделениях дороги, указывают на устойчивый характер корреспонденций вагонопотоков с местным грузом на всех участках инфраструктуры, что определяет незначительные корректировки назначений ПФП.

Структура вагонопотоков на Белорусской железной дороге. Распределение среднесуточного объема работы по пропуску транзитного вагонопотока на основных железнодорожных станциях (на основе данных из вагонной модели ИАС ПУР ПП) приведено на рисунке 3.

На железнодорожных станциях Белорусской железной дороги, являющихся техническими станциями передачи вагонов в международном сообщении, свыше половины объема работы (62 %) приходится на пропуск транзитного вагонопотока с переработкой, при этом свыше трети такого вагонопотока перерабатывается железнодорожными станциями Калинковичи, Витебск, Гомель, Брест-Восточный и Могилев-2. Железнодорожной станцией с наибольшим объемом переработки транзитного вагонопотока является станция Минск-Сортировочный – 12 % от общего объема.

Основными факторами, определяющими распределение объема работы по пропуску вагонопотока с переработкой и без переработки [5, 6], являются:

- размещение в топологии железнодорожной сети Республики Беларусь железнодорожных станций: передачи вагонов, размещенная у границы между смежными железнодорожными администрациями; обслуживающая вагонопоток в перегрузочных районах; являющаяся узловой станцией на пересечении железнодорожных линий;
- железнодорожная станция регионального значения, выступающими как опорная станция в организации местной работы на примыкающих участках;
- структура вагонопотока (груженный и порожний) и его распределение по направлениям следования;
- структура вагонопотока (внутриреспубликанское и международное сообщение) и его распределение по направлениям следования.

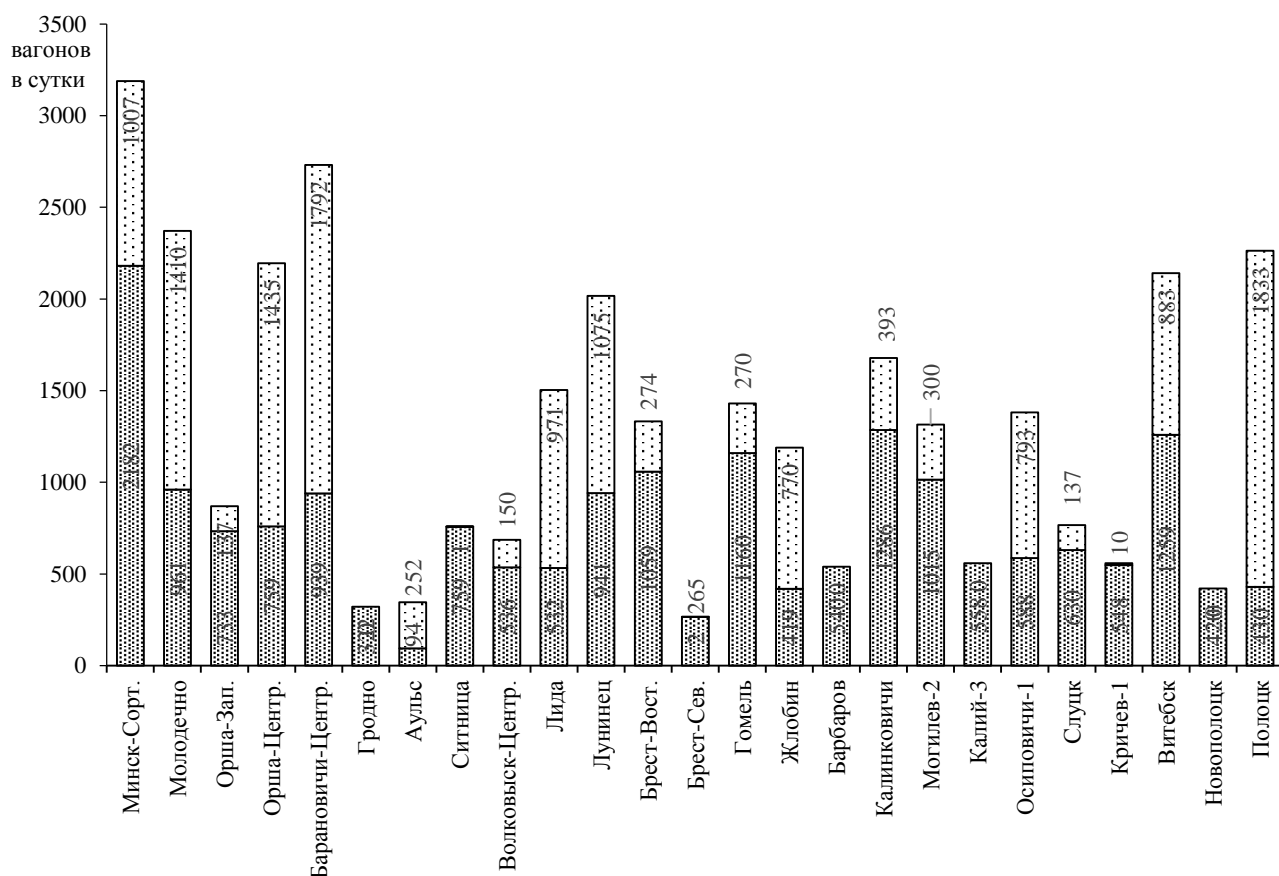


Рисунок 3 – Распределение среднесуточного объема эксплуатационной работы по пропуску транзитного вагонопотока на основных железнодорожных станциях:

■ – с переработкой; □ – без переработки.

Анализ структуры вагонопотоков по видам сообщения за 2017 год показал, что наибольший удельный вес в общем вагонопотоке составляет: вывоз – 41 %, транзит – 31 %, удельный вес ввоза не превышает 8 %, вагонопоток в местном сообщении составляет 20 %.

Анализ исполненных вагонопотоков по основным железнодорожным станциям. Качество системы организации вагонопотоков можно оценить на основе сравнительной оценки фактического выполнения ПФП (таблица 1) как по реализации установленных назначений, так и по количеству сформированных и отправленных поездов по каждому назначению.

Оценка ввода дополнительных назначений или отмены установленных ПФП показывает:

- формирование на железнодорожных станциях отправительских маршрутов на дополнительные назначения зависит от конъюнктуры товарного рынка грузоотправителей и дополнительных заявок на погрузку (удельный вес дополнительных назначений доходит до 14 % от общего количества назначений);

- на технических станциях дополнительные назначения сквозных поездов зависят от изменения объемов, структуры, направления и дальности следования грузопотока (удельный вес дополнительных назначений доходит до 28 % от общего количества назначений);

- на технических станциях дополнительные назначения маршрутов из порожних вагонов зависят от потребностей перевозчиков и операторов подвижного состава в маршрутной регулировке порожних вагонов;

- на технических станциях дополнительные назначения местных поездов зависят от сезонности перевозки грузов и равномерности объемов грузовой работы на отдельных станциях участков, узлов (удельный вес дополнительных назначений доходит до 9 % от общего количества назначений).

Установленные назначения действующего ПФП имеют значительную суточную неравномерность, связанную с многофакторностью образования рынка товародвижения и перемещения порожних вагонов [6, 8]. Анализ количества поездов по ПФП на основных железнодорожных станциях (технических) показал, что среднее количество назначений поездов составило 15 (сквозных – 4, отправительских маршрутов – 2), среднесуточное количество отправленных поездов – 15,9, отправленных вагонов – 753, средний состав – 52 вагона. Наибольшие объемы переработала железнодорожная станция Минск-Сортировочный, наименьшие – Аульс.

Распределение вагонопотока по фактическим назначениям поездов, сформированных за I полугодие 2017 года на основных железнодорожных станциях, и оценка их соответствия назначениям, установленными действующим ПФП на 2016–2017 годы, действующим Планом формирования отправительской маршрутизации на 2016–2017 годы (ПФОМ) и действующим Перечнем международных контейнерных поездов на 2016–2017 годы (ПМКП), приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение вагонопотока по фактическим назначениям поездов на основных железнодорожных станциях в процентах от общего размера вагонопотока, отправленного со станций (на примере станций Минск-Сортировочный и Ситница)

Станция формирования	Станция назначения	Удельный вес, %	Станция формирования	Станция назначения	Удельный вес, %
Минск-Сортировочный	<i>Назначения действующего ПФ</i>		Ситница	<i>Назначения действующего ПФП</i>	
	Молодечно	9,53		Калинковичи	7,96
	Смоленск-Сортировочный	9,28		Лунинец	6,66
	Вайдотай	8,36		Микашевичи	0,56
	Лунинец	7,05		Всего по действующему ПФП	15,18
	Гомель	6,11		<i>Назначения действующего ПФОМ</i>	
	Осиповичи I	5,6		Минск-Сортировочный	21,12
	Барановичи-Центральные	5,2		Орша-Западная	16,95
	Брест-Центральный (эсп.)	5,01		Барановичи-Центральные	16,47
	Орша-Западная	4,78		Гомель	9,78
	Степянка	4,2		Лида	6,07
	Брест-Восточный	4,11		Могилев II	0,22
	Шабаны	3,79		Всего по действующему ПФОМ	70,61
	Борисов	3,72		Всего по действующему ПФП и ПФОМ	85,79
	Ситница	1,92		<i>Назначения сверх действующего ПФОМ</i>	
	Колядичи	1,63		Смоленск-Сортировочный	10,29
	Минск-Северный	1,24		Унеча	1,75
	Минск-Южный	1,15		Брянск-Льговский	1,31
	Всего по действующему ПФП	82,68		Жабинка	0,32
	<i>Назначения сверх действующего ПФП</i>			Молодечно	0,30
	Волковиск-Центральный	6,06		Вайдотай	0,23
	Калинковичи	5,79		Всего сверх действующего ПФОМ	14,21
	Жлобин	0,75		и т. д.	
	Брянск-Льговский	0,74			
	Итого сквозные	13,34			
	Смолевичи	1,42			
	Дубравы	0,8			
Пуховичи	0,69				
Итого местные	2,91				
Всего сверх действующего ПФП	16,25				
В среднем по дороге	Всего по назначениям сверх действующего ПФП				28,88
	По назначениям действующих ПФП, ПФОМ, ПМКП				88,1
	По назначениям сверх действующих ПФП, ПФОМ, ПМКП				11,6

В результате анализа распределения вагонопотока по фактическим назначениям поездов, сформированных в 2017 году на технических станциях, установлено, что 88,1 % назначений поездов сформированы согласно действующим ПФП, ПФОМ и ПМКП.

Удельный вес назначений сквозных поездов сверх действующего ПФП составляет в среднем 6,9 % от общего объема вагонопотока, формируемого станциями, участковых – 0,8, местных – 1,6 %. Удельный вес назначений отправительских ступенчатых маршрутов сверх действующего ПФОМ составляет в среднем 1,8 % от общего объема вагонопотока, формируемого станциями.

Фактическое количество назначений поездов по некоторым железнодорожным станциям больше, чем установлено действующими ПФП и ПФОМ, а отдельные назначения сквозных поездов и отправительских ступенчатых маршрутов по факту выполнения имеют небольшой объем вагонопотока. Это обуслов-

лено значительными колебаниями вагонопотоков в течение года, а также тенденцией формирования поездов более дальних назначений.

Вывод. Для решения задачи распределения эксплуатационной работы по организации вагонопотоков на технических станциях Белорусской железной дороги необходимо учитывать:

– технические станции являются важным объектом инфраструктуры железнодорожного транспорта, который обладает значительными ресурсами и обеспечивает выполнение железной дорогой формирование поездов в международном и внутрисударственном сообщениях в соответствии с договорными обязательствами на перевозку;

– основные технологические процессы и параметры переработки вагонопотока на технических станциях: объем, структура, направление и дальность следования грузопотока, вагонопотока, поездопотока, назначения ПФП, заявки перевозчиков и операторов подвижного состава;

– ранг железнодорожной станции исходя из классификационных признаков участия в системе организации вагонопотока;

– системные подходы к оценке распределения работы между техническими станциями с учетом конъюнктуры рынка товародвижения и развития рынка участников перевозочного процесса.

Список литературы

1 Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте : учеб. для вузов / под ред. П. С. Грунтова. – М. : Транспорт, 1994. – 543 с.

2 **Буянова, В. К.** Система организации вагонопотоков / В. К. Буянова, С. И. Сметанин, Е. В. Архангельский. – М. : Транспорт, 1988. – 223 с.

3 Методические рекомендации по организации вагонопотоков на Белорусской железной дороге. – Минск : Белорусская ж. д., 2013. – 320 с.

4 План формирования грузовых поездов на Белорусской железной дороге. – Минск : Белорусская ж. д., 2017. – 90 с.

5 **Кузнецов, В. Г.** Расчет объемов транспортного потока по направлениям железнодорожной сети / В. Г. Кузнецов, В. Г. Козлов, М. Г. Козлов // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2011. – № 1. – С. 68–71.

6 **Кузнецов, В. Г.** Определение корреспонденций прогнозных вагонопотоков на основе плана погрузки дороги с применением автоматизированной системы «Динамическая карта». / В. Г. Кузнецов, В. Г. Козлов, В. Г. Бекеш // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт, 2016. – № 2 (33). – С. 41–44.

7 **Кузнецов, В. Г.** Функциональное построение автоматизированной системы организации вагонопотоков на железной дороге / В. Г. Козлов, Н. А. Старинская, И. А. Александрова // Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2016) : тр. Пятой науч.-техн. конф. с междунар. участием (17–18 ноября 2016 г., Москва, Россия) / общ. ред.: В. Г. Матюхин, В. И. Строганов. – М. : ОАО «НИИАС», 2016. – С. 82–85.

8 **Бородин, А. Ф.** Проблемы разработки генеральных схем развития сети железных дорог ОАО «РЖД» / А. Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 8. – С. 34–42.

9 **Ерофеев, А. А.** Интеллектуальное управление перевозочным процессом / А. А. Ерофеев // Железнодорожный транспорт. – 2017. – № 4. – С. 74–77.

Получено 23.10.2018

A. B. Makridenko, T. V. Pilgun, V. G. Kuznetsov, I. M. Litvinova, M. Yu. Stradomsky, V. G. Kozlov. Estimation of the distribution of operational work on the organization of traffic volumes at the technical stations of the Belarusian railway.

Technical stations are considered as an important object of railway transport infrastructure, which has significant resources necessary for the processing of railcar traffic. A systematic assessment of the parameters that determine the role of the technical station in the system of organization of railway traffic in the Republic of Belarus is given. The distribution of operational work at railway stations based on the main features of the processing of the car-flow: volumes, structure of the car-flow, train-flow, purposes of the formation plan. The features of the ranking of railway stations based on the classification features of participation in the system of traffic flow organization are considered. The approaches to the assessment of work distribution between technical stations taking into account the development of the market of participants of the transportation process are presented.