

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет транспорта»

УДК 656.222.3(043.3)

КЕКИШ
Наталья Анатольевна

**ОРГАНИЗАЦИЯ ВНУТРИДОРОЖНЫХ ВАГОНОПОТОКОВ
ПО СИСТЕМЕ ВЗАИМОУВЯЗАННЫХ
ГРУППОВЫХ ПОЕЗДОВ**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности
05.22.08 – Управление процессами перевозок

Гомель, 2017

Научная работа выполнена в Учреждении образования «Белорусский государственный университет транспорта»

Научный руководитель –

Луговцов Михаил Николаевич,

кандидат технических наук, профессор,
профессор кафедры «Транспортные узлы»
Учреждения образования «Белорусский
государственный университет транспорта»

Официальные оппоненты –

Числов Олег Николаевич,

доктор технических наук, доцент, заведующий
кафедрой «Станции и грузовая работа» Федерального
государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Ростовский
государственный университет путей сообщения»

Пильгун Татьяна Владимировна,

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
«Экономика и логистика» Белорусского
национального технического университета

Оппонирующая организация –

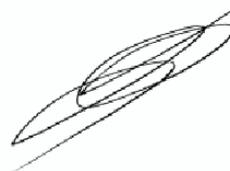
Филиал «Научно-исследовательский и
конструкторско-технологический институт
железнодорожного транспорта» ПАО
«Укрзалізниця» (Філія «Науково-дослідний та
конструкторсько-технологічний інститут залізничного
транспорту» ПАТ «Українська залізниця»)

Защита состоится 16 января 2018 г. в 14-00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.27.01 при Учреждении образования «Белорусский государственный университет транспорта» по адресу: 246653, г. Гомель, ул. Кирова, 34, ауд. 170, e-mail: putsjata.artur@gmail.com, телефон ученого секретаря совета +375 (232) 95-37-91, факс +375 (232) 31-93-73.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта».

Автореферат разослан « 4 » декабря 2017 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций
доктор технических наук, доцент



А.В. Пуцято

ВВЕДЕНИЕ

Белорусская железная дорога обеспечивает перевозки грузов в транзитном и местном сообщении при преобладании маломощных корреспонденций (более 80 %) в общей структуре внутридорожного вагонопотока, выделенного для технической маршрутизации. Используемая в настоящее время на исследуемом полигоне система организации внутридорожных вагонопотоков (СОВВ) была разработана для сети железных дорог со стабильными мощными потоками, курсирующими на дальние расстояния. Несоответствие этой системы сложившимся в настоящее время условиям работы на небольшом разветвленном полигоне вызывает существенные изменения в структуре внутридорожного плана формирования поездов (ПФП). Преимущественное выделение назначений с низким уровнем транзитности приводит к увеличению количества переработок в пути следования, нарушениям нормы суточного пробега и соответствующему росту затрат, связанных с замедлением оборота вагонов. Проблема адаптации СОВВ к таким специфическим условиям полигона обращения является актуальной, однако до настоящего времени практически не исследована.

В диссертационной работе для решения этой проблемы наиболее перспективным направлением исследования представляется разработка комплементарной системы организации вагонопотоков на базе взаимоувязанных групповых поездов (ВГП), обращающихся по постоянному расписанию. Она призвана расширить сферу применения групповых поездов, повысить уровень транзитности назначений и адаптировать существующую СОВВ к особенностям полигона для снижения затрат и повышения качества оказываемых транспортных услуг.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с программными документами, определяющими стратегию развития транспортного комплекса Республики Беларусь, к которым относятся: Государственная программа развития железнодорожного транспорта Республики Беларусь на 2011-2015 годы, утвержденная Постановлением Совета Министров РБ №1851 от 20.12.2010 г.; Государственная программа развития транспортного комплекса Республики Беларусь на 2016-2020 годы, утвержденная Постановлением Совета Министров РБ №345 от 28.04.2016 г.; Проект комплексного прогноза развития научно-технического прогресса на Белорусской железной дороге до 2025 года. В период с 2001 по 2005 гг. автор принимала участие в выполнении исследований по заказу Белорусской железной дороги «Совершенствование системы распределения сортировочной работы на полигоне дороги» (2001-2002 гг., №ГР 20013113) и «Теоретические исследования и обоснование основных направле-

ний развития сети железных дорог Республики Беларусь» (2003-2005 гг., №ГР 20031214). Тема диссертации включена в утвержденные планы НИОКР Белорусского государственного университета транспорта как составная часть данных работ.

Цель и задачи исследования

Цель исследования – разработка системы организации маломощных внутридорожных вагонопотоков в условиях разветвленного полигона, обеспечивающей ускорение их продвижения при одновременном снижении суммарных затрат на перевозки. Для достижения поставленной цели в работе были решены следующие задачи:

- выполнен анализ функционирования существующей СОВВ в условиях разветвленного полигона при преобладании маломощных потоков в общей структуре потока, выделенного для технической маршрутизации;
- определены принципы построения системы организации маломощных внутридорожных вагонопотоков на разветвленном полигоне, обеспечивающей повышение скорости их продвижения (на примере Белорусской железной дороги);
- разработана модель организации внутридорожных вагонопотоков по системе взаимоувязанных групповых поездов;
- обоснованы технологически возможные и экономически эффективные способы использования элементов инфраструктуры (путевого развития сортировочных парков станций) при повышении транзитности маломощных вагонопотоков за счет формирования групповых поездов;
- выполнена комплексная сравнительная оценка эффективности предлагаемой системы организации внутридорожных вагонопотоков по критериям минимизации затрат и ускорения продвижения за счет реализации потенциала транзитности назначениями.

Объектом исследования является система организации внутридорожных вагонопотоков. *Предмет исследования* – взаимоувязанные групповые поезда, обращающиеся по постоянному расписанию, как способ организации внутридорожных вагонопотоков на разветвленном полигоне при стабильном преобладании маломощных потоков в их структуре (на примере Белорусской железной дороги).

Научная новизна

Впервые сформулированы и технологически обоснованы принципы построения и функционирования комплементарной системы организации маломощных внутридорожных вагонопотоков, адаптированной для разветвленного полигона и отличающейся использованием фактора конфигурации полигона и условия макси-

мальной реализации потенциала транзитности как приоритетных при выделении назначений.

Разработана технологическая модель организации внутридорожных вагонопотоков по системе взаимоувязанных групповых поездов, обращающихся по постоянному расписанию, для замкнутого разветвленного полигона. Предложенная математическая постановка задачи построения данной модели при заданных технологических ограничениях позволяет существенно снизить размерность решаемой задачи групповой маршрутизации по сравнению с существующими методиками и обеспечивает возможность получения конечного множества решений.

Предложена методика расчета количества путей для накопления в сортировочных парках станций, впервые позволяющая определить наиболее рациональное по заданному критерию количество путей для накопления вагонов при любом отношении числа сортировочных путей к числу формируемых назначений. Установлена закономерность изменения потребности в сортировочных путях в зависимости от роста количества назначений при преимущественном формировании групповых поездов.

При выполнении сравнительной технико-экономической оценки эффективности внедрения предлагаемой системы организации внутридорожных вагонопотоков на полигоне Белорусской железной дороги конкретизировано понятие «степень реализации потенциала транзитности» в отношении групповых назначений.

Положения, выносимые на защиту

- технологическая модель системы организации маломощных внутридорожных вагонопотоков на разветвленном полигоне, *отличающаяся* использованием взаимоувязанных групповых поездов, обращающихся по постоянному расписанию, как основного способа технической маршрутизации таких потоков;
- методика расчета плана формирования взаимоувязанных групповых поездов, *отличающаяся* выделением вариантов поездобразования на базе построения гибкой иерархической структуры узловых пунктов, что *позволяет* максимально учесть особенности топологии сети полигона и существенно снизить размерность задачи групповой маршрутизации для разветвленного полигона;
- методика расчета наиболее рационального по заданному критерию количества путей для накопления в сортировочных парках станций, *отличающаяся* расширением диапазона вариантов специализации существующего путевого развития за счет рассмотрения потенциальной возможности строительства новых и демонтажа или консервации существующих путей и *позволяющая* определить соответствие путевого развития сортировочных парков станций объемам выполняемых работ при принятой технологии поездобразования (в том числе при преимущественном формировании групповых поездов), повысить эффективность использования сортировочных путей и

принять обоснованное решение о целесообразности изменения их количества;

- методика и результаты сравнительной технико-экономической оценки эффективности использования предлагаемой системы организации вагонопотоков на полигоне Белорусской железной дороги по критериям снижения суммарных затрат и ускорения продвижения вагонопотоков, *позволяющие* дать комплексную характеристику качества СОВВ по показателям уровня реализации потенциала транзитности назначения.

Личный вклад соискателя ученой степени

Основные научные результаты, выносимые на защиту, получены автором самостоятельно, что подтверждается публикациями без соавторов. Выбор направления исследований осуществлялся совместно с научным руководителем, кандидатом технических наук, профессором Луговцовым М.Н.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения диссертации докладывались и были одобрены на международных научно-практических конференциях «Проблемы безопасности на транспорте» и «Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса» (БелГУТ: Гомель, 2002, 2003, 2010); II международной научно-практической конференции «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління» (КУЭТТ: Киев, 2004); международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы транспорта и управления перевозочным процессом» (БелГУТ: Гомель, 2015).

По результатам диссертации получено 2 акта внедрения. Результаты диссертации используются на Белорусской железной дороге и в учебном процессе Белорусского государственного университета транспорта.

Опубликование результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 14 работ, в том числе 10 статей в научных изданиях, рекомендованных ВАК Республики Беларусь (из них 4 – в зарубежных научных изданиях) общим объемом 5,3 печатных листа, 4 тезиса докладов на международных научно-практических конференциях.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав с обзором литературы по теме диссертации и основными результатами исследования автора, заключения, библиографического списка, а также шести приложений. Объем

диссертации составляет 241 страницу, включая 27 страниц с иллюстрациями и таблицами, 6 приложений на 68 страницах. Библиографический список представлен 149 наименованиями использованных источников и 14 публикациями автора на 13 страницах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой главе выполнен анализ современного состояния проблемы организации вагонопотоков. Большой вклад в теорию организации вагонопотоков и решение связанных проблем расчета потребного путевого развития станций внесли А.А. Аветикян, В.М. Акулиничев, В.И. Апатцев, А.П. Батулин, К.А. Бернгард, А.Ф. Бородин, И.И. Васильев, В.С. Волков, С.В. Дувальян, Ю.И. Ефименко, Е. Жук, В.И. Ковалев, М.Н. Луговцов, В.Я. Негрей, В.И. Некрашевич, А.Т. Осьминин, А.П. Петров, Н.В. Правдин, В.А. Шаров, П.А. Яновский и др. В процессе развития теории организации вагонопотоков было предложено значительное количество методов расчета ПФП как основы системы организации вагонопотоков. Однако все они не предусматривают возможность комбинированного применения различных способов выделения назначений для мощных и слабых потоков.

Сравнительный анализ структуры внутридорожного вагонопотока, выделенного для технической маршрутизации, на исследуемом полигоне Белорусской железной дороги показал стабильную тенденцию к преобладанию маломощных потоков (рисунок 1).

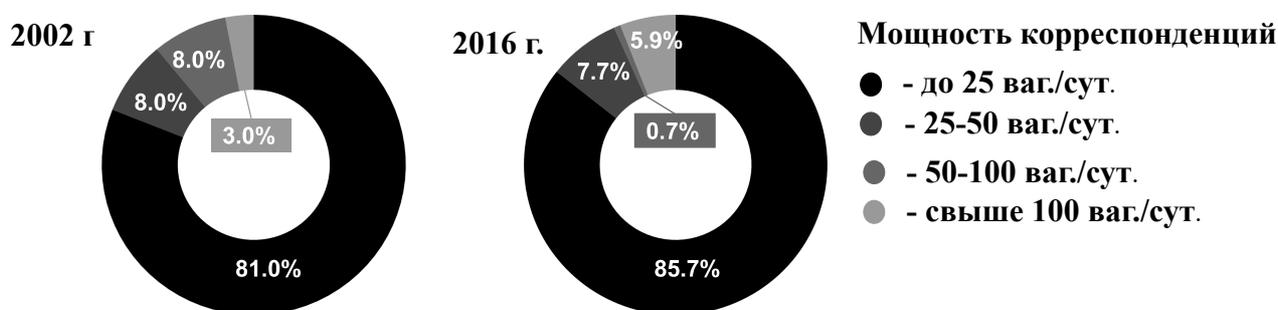


Рисунок 1. – Структура внутридорожного вагонопотока, выделенного для технической маршрутизации на исследуемом полигоне

Основным недостатком существующей СОВВ на этом полигоне, приводящим к замедлению продвижения маломощных внутридорожных вагонопотоков, является преобладание в структуре ПФП участковых назначений. Доля сквозных групповых поездов крайне мала и составляет до 5 % от общего количества назначений внутридорожного ПФП. Этот недостаток связан с привязкой назначений исключительно к мощности потока и со слабым учетом конфигурации полигона обращения. Данный подход, традиционный для существующей СОВВ, не учитывает влияния комплекса факторов, связанных с ускорением оборота вагонов при замене переработки обменом

групп в масштабах всего полигона, особенно на полигонах с высокой степенью разветвленности и небольшими расстояниями между техническими станциями, таких, как рассматриваемый в работе полигон Белорусской железной дороги.

Несмотря на наметившуюся в последние годы на дорогах стран СНГ тенденцию к активному переходу на технологию обращения грузовых поездов по постоянному расписанию, пока она практически не реализована для организации обращения согласованных между собой групповых поездов даже на линейных направлениях, что ограничивает зону их эффективного использования.

В связи с малой распространенностью на практике этого способа организации вагонопотоков не разработаны методики расчета потребного путевого развития сортировочных парков при преимущественном формировании групповых поездов. Потребность в путевом развитии является ограничивающим фактором в системе организации вагонопотоков, поэтому задачи выбора вариантов выделения назначений и расчета числа путей для обеспечения технологической реализации этих вариантов в силу своей тесной связи должны решаться в комплексе.

Анализ состояния проблемы показал, что в имеющихся публикациях и в практике работы не решены вопросы, касающиеся специфики организации маломощных вагонопотоков на полигонах с высокой степенью разветвленности, использования групповых поездов как самостоятельного способа организации внутридорожных вагонопотоков и особенностей расчета путевого развития сортировочных парков станций при их преимущественном формировании, актуальные для рассматриваемого полигона Белорусской железной дороги.

Во второй главе приведены теоретические основы построения и функционирования предлагаемой СОВВ на базе взаимоувязанных групповых поездов, обращающихся по постоянному расписанию. В работе определена сфера применения системы по двум основным признакам:

- **по конфигурации полигона:** на замкнутом полигоне с высокой степенью разветвленности по внутренним линиям (по разработанной автором классификации), количеством технических станций на каждом направлении не менее 3, общим количеством технических станций не менее 8. Замкнутым полигон является с точки зрения формирования расчетной сети узловых пунктов, дальности следования выделяемых назначений и используемой технологии обращения поездов в рамках данной системы;

- **по структуре вагонопотока:** с выраженным преобладанием маломощных потоков (более 50% от общего количества струй в структуре выделенного для обращения по данной системе вагонопотока). Корректное выделение вагонопотока в категорию маломощных с целью выбора способа его организации должно быть выполнено на основании не абсолютной, а относительной квантификации, предполагающей увязку с параметрами существующей системы организации. Для рассматриваемой СОВВ должна быть определена мощность потока, достаточная для выделения сквозного од-

ногруппного назначения при средней величине составов поездов, формируемых на данном полигоне в рамках технической маршрутизации (нижняя граница мощности с учетом допустимых колебаний величины состава при разных методах поездообразования). *Маломощным* может считаться вагонопоток (струя вагонопотока) i -го назначения, среднесуточная мощность которого не превышает указанной нижней границы (рисунок 2).

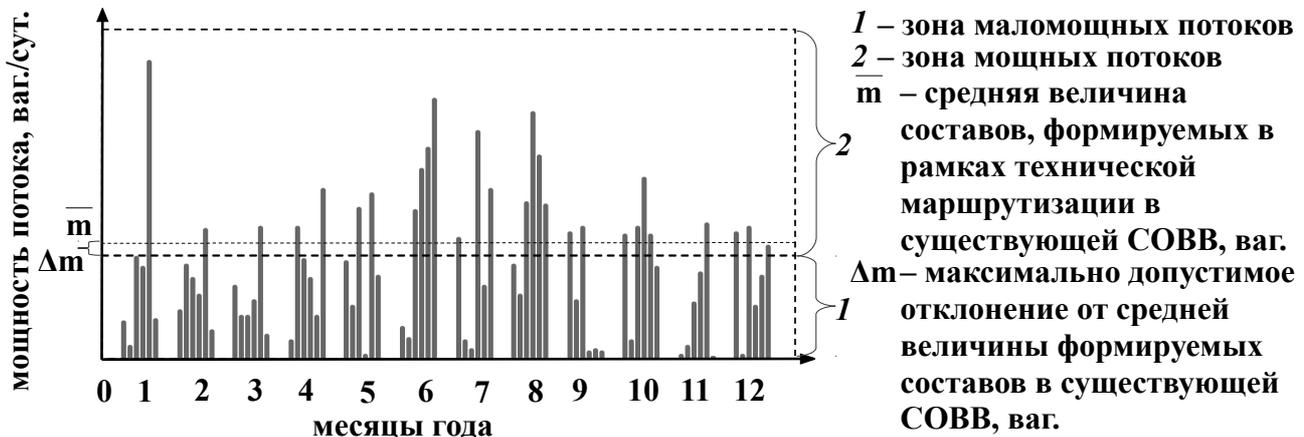


Рисунок 2. – Квантификация термина «маломощный поток» для целей СОВВ

Предлагаемая СОВВ дополняет существующую и является комплементарной по отношению к используемым технологическим схемам, обслуживая только выделенную часть вагонопотока, обращающегося на полигоне дороги (рисунок 3).



Рисунок 3. – Дифференциация вагонопотоков по системам организации

Система ВГП базируется на общих принципах декомпозиции и взаимосвязи структурных элементов при выполнении условия повышения транзитности. Все станции полигона предлагается классифицировать как узловые пункты первого (У1),

второго (У2) и третьего (У3) уровней. Полигон представляется в виде совокупности районов тяготения У1. Схема района тяготения У1 представлена на рисунке 4.

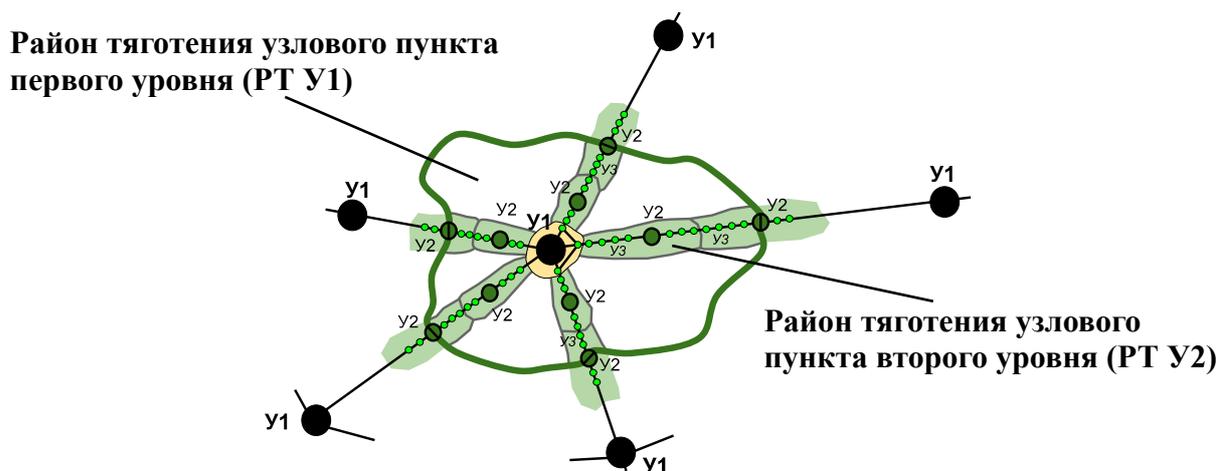


Рисунок 4. – Принципиальная схема района тяготения У1

Уровень узлового пункта является классификационным признаком, отражающим его роль и набор выполняемых функций в системе. Иерархическая классификация является гибкой. В ней предусмотрено наличие резервных У1, потенциально способных к изменению статуса "У1↔У2" в зависимости от мощности вагонопотока.

Между У1 организуется обращение по постоянному расписанию ВГП, а между У1 и У2, входящими в соответствующий район тяготения, – обращение местных поездов, согласованных с ВГП по прибытию и отправлению.

Продвижение вагонов дальних назначений в пределах исследуемого полигона должно осуществляться путем их перехода из состава одного поезда в состав другого преимущественно через обмен групп во ВГП. Выполнение условия повышения транзитности реализуется через максимально возможную для данной конфигурации полигона и приемлемую с точки зрения технологии обмена групп детализацию потока (до 4 групп в составе для условий исследуемого полигона).

План формирования поездов, обращающихся по системе ВГП, является частью внутридорожного ПФП. Основой ПФП в предлагаемой системе является *базовая модель* (БМ). Базовая модель организации вагонопотоков между У1 представляет собой адаптированную для данного полигона схему формирования и взаимной увязки групповых поездов. Формирование БМ заключается в определении набора отвечающих заданным критериям структур групповых назначений, формируемых на каждом У1 для каждого прилегающего направления, на котором обращаются ВГП. Наиболее рациональный вариант структуры групповых назначений должен обеспечивать:

- минимизацию переработки вагонов (основной критерий отбора);
- соблюдение взаимной увязки групповых поездов в масштабах полигона (основной критерий увязки);

- максимально возможный уровень транзитности назначений (дополнительный критерий при соблюдении основных).

Реализация предлагаемой технологии предусматривает:

- подготовительный этап (сбор исходных данных и определение базовых параметров, регламентирующих максимальную продолжительность нахождения вагонов на каждой стадии продвижения в рамках системы);
- формирование расчетной сети для решения задачи организации выделенной части вагонопотока между У1 по системе ВГП;
- формирование множества вариантов структуры групповых назначений с каждого У1 на каждое прилегающее направление обращения ВГП;
- отбор оптимальных по заданным критериям вариантов структуры групповых назначений;
- взаимную увязку отобранных вариантов между собой.

Формирование расчетной сети, имитирующей конфигурацию полигона, производится на основании предварительного анализа, в ходе которого уточняется статус резервных У1 на расчетный период и определяется перечень участков обращения.

Для решения задачи расчетная сеть полигона и множество вариантов организации выделенной части вагонопотока в групповые назначения представляются в виде конечного связного графа G , содержащего остовные подграфы H и R (рисунок 5).

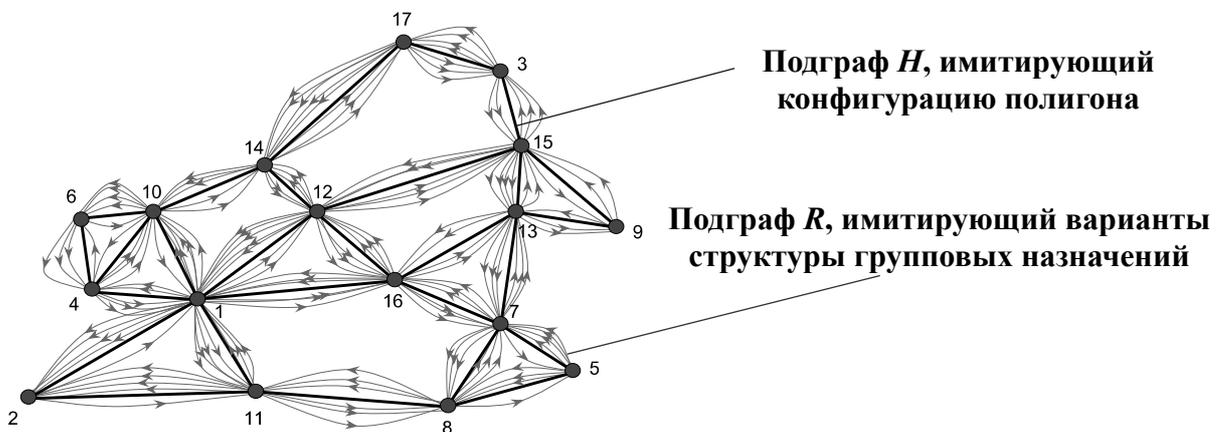


Рисунок 5. – Представление расчетной сети исследуемого полигона Белорусской железной дороги и множества вариантов структуры групповых назначений в виде графа G

$$G=(V, E); \quad (1)$$

$$H=(V, P), \quad V(H) \subseteq V(G), \quad P(H) \subset E(G); \quad (2)$$

$$R=(V, B), \quad V(R) \subseteq V(G), \quad B(R) \subset E(G); \quad (3)$$

где $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_u\}$ – множество вершин графа G (множество, состоящее из u узловых пунктов первого уровня исследуемого полигона, обозначенных

присвоенными им номерами); $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_z\}$ – множество, состоящее из z ребер графа G ; $P = \{p_{ij}\}$ – множество ребер подграфа H (множество участков, соединяющих узловые пункты первого уровня согласно конфигурации расчетной сети); $B = \{b_{ijk}\}$ – множество ребер подграфа R (множество вариантов групповых назначений, формируемых на каждое направление на узловом пункте первого уровня). Индексы i и j означают номера смежных вершин графа G , являющихся концами данного ребра, индекс k – номер ребра, соединяющего данные вершины в подграфе R . Ребра подграфа R являются кратными и ориентированными (дугами). Каждому ребру подграфа H должно соответствовать не менее одной дуги подграфа R хотя бы в одном направлении. В общем случае топология подграфа H может не соответствовать реально существующей конфигурации исследуемого полигона в связи с возможностью изменения статуса резервных У1 или введением дополнительных участков обращения ВГП.

Вершинам и ребрам графа ставятся в соответствие определенные параметры:

- $l(p_n)$ – вес ребра в подграфе H (длина n -го участка, км, или параметр другого критерия выбора оптимального маршрута следования);
- $f(v_u)$ – число направлений, на которые данный У1 формирует групповые поезда (подборки прицепных групп). Этот параметр в общем случае соответствует валентности (степени) вершины в подграфе H $\deg(H, v_u)$;
- $r(b_{ijk})$ – характеристика варианта группового назначения, формируемого на каждом У1, которая ставится в соответствие каждой дуге подграфа R , исходящей из данной вершины. Множество характеристик вариантов структуры групповых назначений, соответствующих дугам подграфа R , описывается следующим образом:

$$r = \{r_{ijk}\}, r_{ijk} = \{V'_c, M_c\}, \quad (4)$$

где $V'_c = \{v_1, v_2, v_3, v_4\}$ – назначения групп вагонов (номера соответствующих вершин в подграфе R). Множество V'_c является подмножеством $V(R)$ ($V'_c \subset V(R)$) и для данной задачи представлено максимум четырьмя значениями, причем номер v_1 – обязательно номер смежной вершины на соответствующем направлении. В описании структуры группового назначения указываются основные назначения групп (У1 расформирования группы);

$M_c = \{m_1, m_2, m_3, m_4\}$ – мощность струй вагонопотоков с данного У1 на узловые пункты первого уровня, являющиеся конечными пунктами расформирования групп, ваг./сут., с учетом мощности как основного назначения, так и дополнительных (назначений на более дальние по ходу следования У1).

С целью определения количества и характеристик возможных вариантов структуры групповых назначений, формируемых У1 на прилегающее направление, из подграфа H вычленяется подграф H' – оргграф-дерево с начальной вершиной V_i , соответ-

ствующей рассматриваемому У1. Максимальная длина пути в орграфе H' равна 4 (для исследуемого полигона). Для определения конфигурации подграфа H' решается задача поиска оптимальных (максимальных или минимальных в зависимости от критерия выбора оптимального маршрута следования) путей в графе для каждой пары вершин с использованием алгоритма Дейкстры. Варианты структуры групповых назначений на данном этапе расчета должны удовлетворять следующим ограничениям:

- 1) включать только вершины, инцидентные одному ребру хотя бы с одной другой вершиной, содержащейся в данном варианте структуры группового назначения;
- 2) содержать одну обязательную вершину V_1 ;
- 3) содержать максимальное число вершин, возможное для данного орграфа при соблюдении условия 1, но не больше 4.

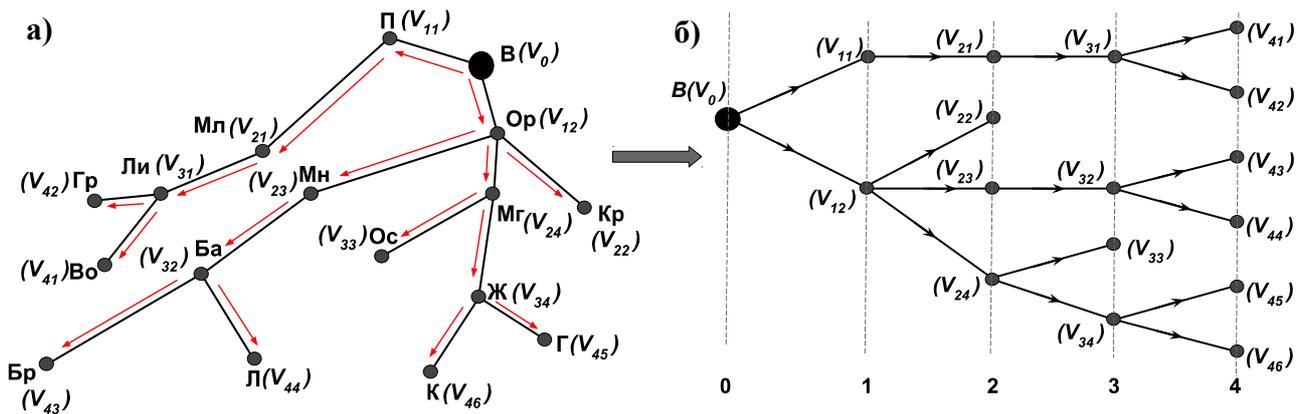
Для каждого прилегающего к данному У1 направления (фиксированной пары индексов ij) максимальное количество вариантов структуры групповых назначений $N_{R(ij)}^{max}$, удовлетворяющих указанным условиям, определяется по формуле:

$$N_{R(ij)}^{max} = a_4 + a_3 \cdot (outv(H', V_1)) + \sum_{i=1}^{a_2} C_{outv(H', V_{2i})}^2 + C_{outv(H', V_1)}^3 \quad (5)$$

при $outv(H', V_{2i}) \geq 2$ и $outv(H', V_1) \geq 3$,

где a_4, a_3, a_2 – количество вершин на четвертой, третьей, второй оси орграфа H' соответственно; $outv(H', V_1), outv(H', V_{2i})$ – полуvalентности исхода вершин V_1 и V_{2i} орграфа H' соответственно; $C_{outv(H', V_{2i})}^2, C_{outv(H', V_1)}^3$ – сочетания из $outv(H', V_{2i})$ по 2 и из $outv(H', V_1)$ по 3 соответственно.

Пример формирования подграфа H' для определения множества вариантов структуры групповых назначений приведен на рисунке 6.



а — топология связей станций полигона по направлениям следования вагонопотока, **б** — каноническая форма графа

Рисунок 6. – Пример выделения подграфа H' для определения множества вариантов структуры групповых назначений для узлового пункта первого уровня В (V_0)

Построение подграфа H' позволяет сформировать матрицу вариантов структуры групповых назначений для каждой вершины графа R , определить параметры характеристики $r(b_{ijk})$ для каждой его дуги и произвести ранжирование вариантов по основному критерию отбора. Предпочтительный вариант структуры группового назначения с каждого У1 на каждое прилегающее направление должен:

- включать в качестве основных или дополнительных назначений групп все назначения, маршрут следования которых совпадает с данным направлением по выбранному критерию следования;
- определяться характеристикой $r(b_{ijk})$, для которой выполняется условие отбора по основному критерию:

$$r(b_{ijk}) = r_{ij}^{onm} \quad \text{при} \quad \max_{c=1}^4 (m_c). \quad (6)$$

Оценка объема переработки вагонов производится по сумме среднесуточных вагонопотоков на основные назначения каждого варианта структуры группового назначения. Пара значений ij при отборе по формуле (6) является фиксированной, $k \in [1; N_{R(ij)}^{max}]$. Результатом данного этапа является редукция графа R до остовного подграфа R^{onm} , дуги которого имеют характеристики, отражающие варианты структуры групповых назначений, оптимальные по основному критерию отбора.

Взаимная увязка отобранных на предыдущем этапе вариантов структуры групповых назначений выполняется с помощью проверки выполнения приведенного ниже условия для каждой пары смежных вершин графа R^{onm} при обходе его с использованием BFS -алгоритма (алгоритма поиска в ширину):

$$r_{ij}^{onm} \cap R'_j = \{v_2, v_3, v_4\} \quad \text{при} \quad R'_j = \bigcup_{s=1}^{f-1} r_{js}^{onm}, \quad (7)$$

где r_{ij}^{onm} , r_{js}^{onm} – множества, описывающие характеристики оптимальных по основному критерию отбора вариантов структуры группового назначения, формируемого с i -го У1 на j -й У1 и с j -го У1 на s -й У1 соответственно (исключая направление $j \rightarrow i$).

Процесс взаимной увязки идет до соблюдения условия (7) для каждой пары смежных вершин графа R^{onm} с использованием, при необходимости, резервных вариантов структуры групповых назначений и заменой характеристик соответствующих дуг. Итогом поэтапного отбора в общем случае является граф G' , в котором каждому ребру подграфа H соответствует 2 кратных дуги подграфа R^{onm} , отражающих окончательно отобранные варианты структуры групповых назначений.

Приведенный метод расчета существенно снижает размерность задачи

групповой маршрутизации для разветвленного полигона. Использование конфигурации полигона как основного фактора при выборе способа организации вагонопотоков позволяет сформировать ограниченный набор вариантов структуры групповых назначений и задать схему продвижения вагонопотока через увязку групповых поездов между собой.

В третьей главе приводится разработанная автором методика корректировки БМ для заданных расчетных значений мощности вагонопотоков на рассматриваемый период. Результат этой корректировки – итоговая модель, являющаяся планом формирования поездов, обращающихся по системе ВГП между У1 (рисунок 7).



Рисунок 7. – Общий алгоритм выполнения плановой корректировки базовой модели организации вагонопотоков по системе ВГП

Рекомендуемый расчетный период для итоговой модели ОВ по системе ВГП – квартал, что позволяет учесть сезонные колебания вагонопотоков. Итоговая модель также содержит рекомендации по формированию отдельных групп, что дает возможность быстро реагировать на колебания величины вагонопотока в планируемом периоде и снижает нагрузку на персонал по принятию многовариантных решений по поездообразованию в оперативных условиях.

В процессе корректировки БМ определяются условия максимально возможного согласования прибытия и отправления групповых поездов в пунктах стыковки ВГП.

Эти условия служат основой для разработки графика движения поездов с прокладкой соответствующих согласованных ниток постоянного расписания. При внедрении комплементарной системы организации вагонопотоков предложено выделить ВГП как приоритетную категорию грузовых поездов при разработке графика движения. Обращение ВГП по согласованным постоянным расписаниям создает благоприятные условия для эффективного технологического и маркетингового взаимодействия между владельцем инфраструктуры, клиентами и операторами перевозок.

Информационное обеспечение организации вагонопотоков по системе ВГП предлагается выполнять в рамках работы Комплексной системы планирования и управления поездной работой на полигоне Белорусской железной дороги в виде реализации модуля подсистемы увязки составообразования на технических станциях с прогнозным графиком движения на железнодорожных участках (модуль ВГП). Интеграция в единую систему управления поездопотоками Белорусской железной дороги позволит модулю ВГП использовать общую базу данных и выполнять свои функции в увязке с прогнозами для других категорий поездов.

Четвертая глава посвящена вопросам эффективного использования путевого развития сортировочных парков станций при преимущественном формировании групповых поездов. Для реализации предлагаемой СОВВ, учитывая рост числа назначений, необходимо минимизировать потребное количество путей для накопления вагонов. Такой подход предполагает интенсивное использование вместимости путей и последующую повторную сортировку вагонов. Целесообразность применения этого метода определяется на основе сравнения с вариантом строительства дополнительных сортировочных путей по критерию минимума суммарных затрат:

$$\sum_{i=1}^{n^{nc}} (\mathcal{E}^{nc}(m^{nc}))_i < \sum_{i=1}^{n_n} (E_{np}^{cmp}(l))_i, \quad (8)$$

где n^{nc} – количество путей, на которых накапливаются вагоны нескольких назначений; $(\mathcal{E}^{nc}(m^{nc}))_i$ – годовые эксплуатационные затраты на повторную сортировку вагонов с i -го пути, тыс. руб., при объеме повторной сортировки в m^{nc} ваг.; n_n – планируемое количество дополнительно сооружаемых путей сортировочного парка; $(E_{np}^{cmp}(l))_i$ – годовые приведенные затраты на строительство i -го сортировочного пути длиной l км, тыс. руб.

Зона эффективного применения повторной сортировки при минимизации числа путей для накопления (по сравнению с количеством назначений) ограничивается значением максимального количества повторно сортируемых вагонов $\max(m^{nc})$, при котором условие (8) превращается в равенство.

Установлено, что минимальная потребность в сортировочных путях для накопления вагонов на назначения в системе ВГП с учетом специфики сферы ее применения и технологии поездообразования однозначно задается топологическими параметрами расчетной сети полигона обращения таких поездов и равна количеству прилегающих к данному У1 участков обращения ВГП

Сравнительный анализ, выполненный для основных станций Белорусской железной дороги ($N_{cm}=17$), показал, что при формировании поездов по БМ с минимизацией количества путей для накопления групповых составов соответствующая потребность в сортировочных путях в целом по полигону снижается на 18% при росте числа назначений в 2 раза по отношению к существующему варианту ПФП в части технической маршрутизации внутридорожных потоков (рисунок 8).

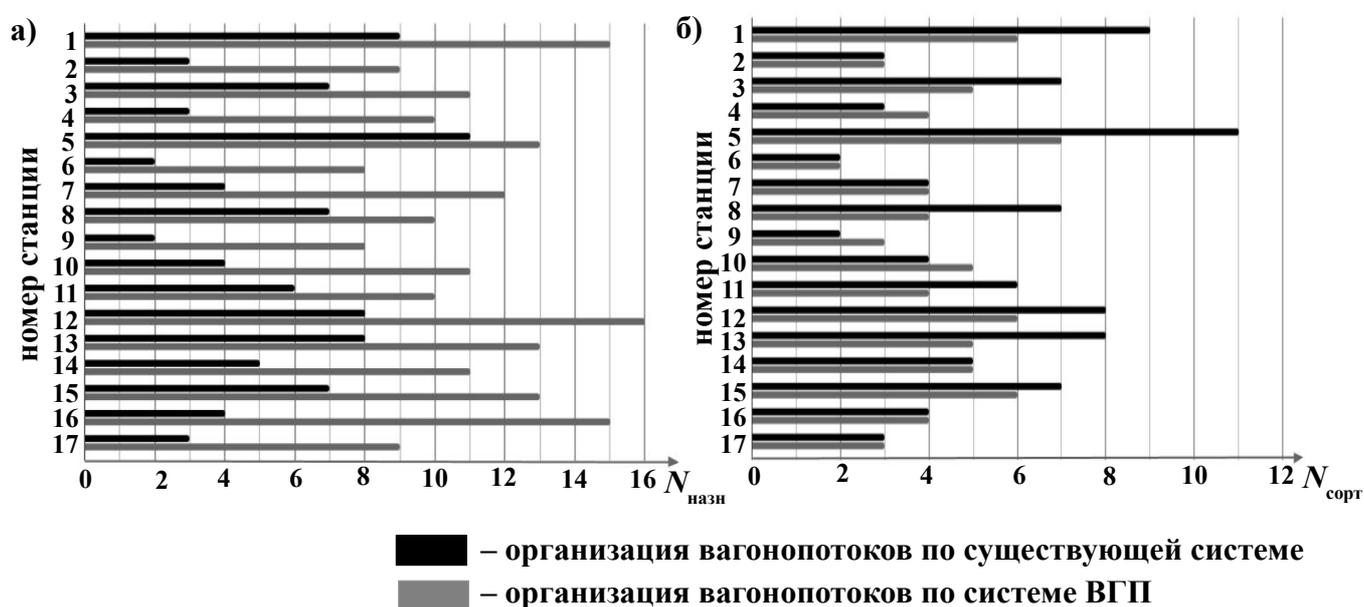


Рисунок 8. – Сравнительный анализ количества формируемых назначений (а) и потребности в сортировочных путях для накопления вагонов (б) при различной организации вагонопотоков

Проведенное исследование позволило установить, что увеличение числа назначений, связанное с массовым формированием групповых поездов, не вызывает соответствующего роста потребности в сортировочных путях для накопления при интенсификации использования имеющихся путей. Более того, применение технологии максимального использования вместимости путей при преимущественном формировании групповых поездов может приводить к сокращению потребности в сортировочных путях при одновременном повышении транзитности вагонопотоков.

В диссертации разработана методика определения наиболее рационального количества путей, выделяемых для накопления, при котором будет обеспечен

минимум суммарных затрат при заданных параметрах системы организации вагонопотоков:

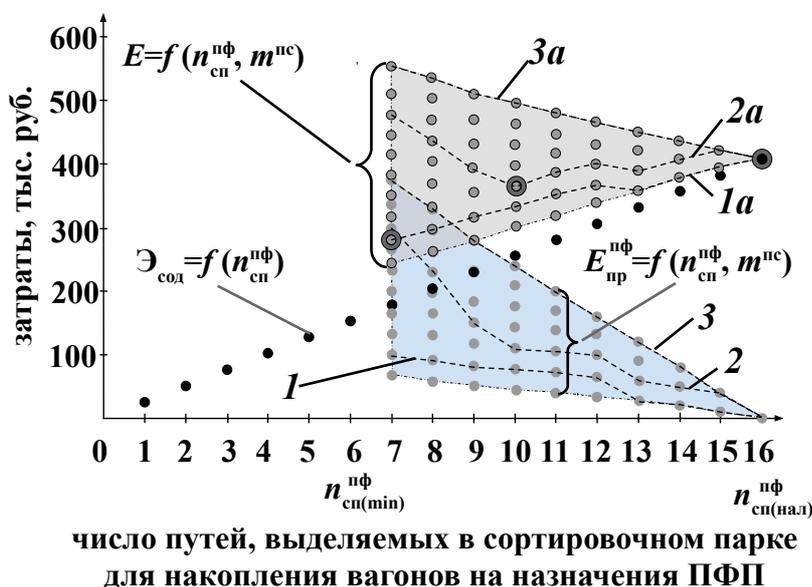
$$E(n_{cn}^{n\phi}) = \sum_{i=1}^{n_{cn}^{n\phi}} \mathcal{E}_{cod} l_i + \sum_{i=1}^{n_{cn}^{n\phi} - n_{cn}^{nc}} (E_{np}^{nc})_i - \sum_{i=1}^{(n_{cn}^{n\phi(нал)} - n_{cn}^{n\phi})} (E_{np}^{дем(конс)})_i + \sum_{i=1}^{n_n} (E_{np}^{cmp})_i \rightarrow \min$$

при $n_{cn}^{n\phi} \in [n_{cn}^{n\phi(min)}; n_{cn}^{n\phi(нал)} + n_n]$,

(9)

где $n_{cn}^{n\phi}$ – количество путей в сортировочном парке, выделяемых в данном варианте расчета для накопления вагонов на назначения ПФП; \mathcal{E}_{cod} – годовые затраты на эксплуатацию i -го сортировочного пути длиной l км, тыс. руб.; E_{np}^{nc} , $E_{np}^{дем(конс)}$ – приведенные годовые затраты на повторную сортировку вагонов, связанную с минимизацией количества путей для накопления, и на демонтаж или консервацию сортировочных путей соответственно, тыс. руб.; $n_{cn}^{n\phi(min)}$, $n_{cn}^{n\phi(нал)}$ – минимально необходимое и максимальное наличное количество путей в сортировочном парке, которое может быть выделено для накопления вагонов на назначения ПФП (БМ).

Принципиальный вид графиков изменения суммарных затрат в зависимости от $n_{cn}^{n\phi}$ (без учета вариантов строительства, демонтажа или консервации путей), представлен на рисунке 9. Выбор наиболее рационального количества $n_{cn}^{n\phi}$ зависит в этом случае от динамики изменения объемов повторной сортировки и связанных с ней затрат.



1,2,3 – варианты динамики изменения затрат на повторную сортировку в зависимости от увеличения $n_{cn}^{n\phi}$;

1a,2a,3a – соответствующие варианты динамики изменения суммарных затрат;

⊙ – значения, соответствующие наиболее рациональным вариантам выделения путей для накопления при заданной динамике изменения затрат

Рисунок 9. – Зависимость суммарных затрат от числа путей в сортировочном парке, выделяемых для накопления вагонов на назначения ПФП

Методика впервые включает в диапазон поиска наиболее рационального количества $n_{cn}^{n\phi}$ принципиальную возможность строительства дополнительных путей, демонтажа или консервации неиспользуемых путей. Данные варианты рассматрива-

ются при смещении наиболее рационального количества путей на графике 9 к значениям $n_{сп(нал)}^{нф}$ и $n_{сп(мин)}^{нф}$ соответственно. Недостаток или избыток путей определяются для принятой СОВВ. Учет указанных факторов позволяет применять данную методику как для расчетов по повышению эффективности использования существующего путевого развития, так и для планирования инвестиций в реконструкцию станций.

Пятая глава содержит методику и результаты сравнительной комплексной технико-экономической оценки предлагаемой СОВВ. Для обоснования эффективности ее внедрения на полигоне Белорусской железной дороги по фактическим данным о внутридорожных вагонопотоках за 2016 год была сформирована итоговая модель ОВ по системе ВГП. Для этой модели было выполнено сравнение по комплексу показателей с существующей СОВВ на исследуемом полигоне. Основными параметрами сравнения являлись суммарные затраты, маршрутная скорость и степень реализации потенциала транзитности назначениями.

В результате сравнения существующей СОВВ и ОВ по системе ВГП доказана экономическая эффективность последней. Вариант ОВ по системе ВГП является более предпочтительным по критерию затрат (рисунок 10).

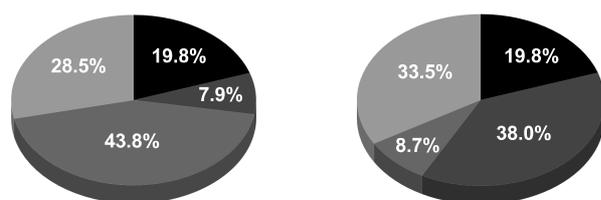


Рисунок 10. – Сравнение существующей и предлагаемой систем организации вагонопотоков по критерию затрат

Переход к системе ВГП для организации маломощных внутридорожных вагонопотоков при сохранении существующей схемы выполнения местной работы согласно расчету дает годовую экономию затрат в 8,4 млн. ВУН (в ценах 2016 г.) по полигону Белорусской железной дороги, а с учетом экономии от ускорения оборота вагона – 34,9 млн. ВУН. Если принять во внимание перспективную экономию, связанную с ускорением оборота вагона, то эта цифра возрастает до 52,7 млн. ВУН (в ценах 2016 г.).

Заложенные в основу системы ВГП принципы позволяют добиться существенного повышения степени реализации потенциала транзитности назначениями (в 3,7 раза в целом по системе), и, как следствие, – ускорения продвижения вагонопотоков. Количество переработок вагонов в пути следования сокращается в среднем в 1,6 раза, объем переработки вагонов в целом по полигону – на 10% (с учетом повторной сортировки). При организации вагонопотоков по системе ВГП продолжительность следования вагонов между У1 в масштабах Белорусской железной дороги сокращается на 5,31...37,93 ч (в среднем на 17,3 ч). При переходе к предлагаемой СОВВ полностью устраняются нарушения установленной нормы суточного пробега на этапе продвижения в пределах полигона дороги, в то время как при существующей системе с нарушением этого показателя следует более 1/3 рассматриваемого вагонопотока. Сравнительные показатели систем организации по параметрам степени реализации потенциала транзитности и маршрутной скорости представлены на рисунках 11–12.

Существующая СОВВ Система ВГП



Категории назначений по степени реализации потенциала транзитности (ПТ):

- - без возможности реализации ПТ
- - полностью реализующие ПТ
- - полностью не реализующие ПТ
- - частично реализующие ПТ

Рисунок 11. – Распределение выделенного вагонопотока по назначениям с разной степенью реализации потенциала транзитности



- – организация вагонопотоков по существующей системе
- – организация вагонопотоков по системе ВГП

Рисунок 12. – Сравнительные показатели маршрутной скорости при существующей и предлагаемой системах организации вагонопотоков

Таким образом, предлагаемая СОВВ на основе ВГП позволяет повысить скорость продвижения внутридорожных вагонопотоков при одновременном снижении затрат на перевозочный процесс на полигоне Белорусской железной дороги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Обоснована необходимость адаптации СОВВ для условий разветвленного полигона с преобладанием маломощных потоков в общей структуре. Выполнена относительная квантификация термина «маломощный поток», позволяющая корректно выполнить дифференциацию потоков для целей системы организации [1, 3, 6, 9, 10].

2. Определена сфера применения и сформулированы основные принципы построения системы организации внутридорожных маломощных вагонопотоков на базе взаимоувязанных групповых поездов, обращающихся по постоянному расписанию. Обоснован комплементарный характер предлагаемой системы организации. Выполнена математическая постановка задачи разработки базовой модели организации вагонопотоков по системе ВГП между узловыми пунктами первого уровня для замкнутого разветвленного полигона с использованием теории графов, которая, в отличие от существующих методик расчета групповой маршрутизации, при заданных технологических ограничениях позволяет достичь существенного снижения размерности данной задачи для разветвленного полигона [1, 3, 5, 8, 9, 10, 13].

3. Разработана методика расчета плана формирования в системе ВГП. Ее отличительной особенностью является использование фактора конфигурации полигона и условия максимальной реализации потенциала транзитности как основополагающих при выделении назначений, в отличие от существующих методик расчета ПФП, опирающихся в основном на мощность вагонопотока. Данное изменение приоритетов в выборе критериев выделения назначений позволяет учесть особенности полигона обращения при формировании модели организации вагонопотоков и обеспечить средний уровень реализации потенциала транзитности назначениями в целом по системе свыше 50 % [1, 3, 5].

4. Разработана методика определения наиболее рационального по заданному критерию количества путей, выделяемых для накопления вагонов на назначения ПФП при любом соотношении между количеством формируемых назначений и наличным числом путей, отличающаяся возможностью получения результата в более широком по сравнению с существующими методиками диапазоне вариантов, учитывающем потенциальную возможность строительства дополнительных либо демонтажа и консервации неиспользуемых путей. Аналитически определена граница экономически эффективного применения повторной сортировки при минимизации количества путей для накопления, что позволяет установить пределы интенсификации использования имеющегося путевого развития при заданной системе организации вагонопотоков. Выявлена закономерность снижения потребности в сортировочных путях в целом по полигону при одновременном росте транзитности вагонопотоков за счет максималь-

ного использования вместимости путей при преимущественном формировании групповых поездов. Для исследуемого полигона при росте количества назначений в 2 раза потребность в сортировочных путях для накопления на исследуемом полигоне может быть сокращена на 18 % [4, 12].

5. Предложена методика сравнительной технико-экономической оценки ОВ по системе ВГП, отличающаяся комплексным учетом влияния изменения системы организации вагонопотоков как на стоимостные параметры, так и на скорость продвижения вагонопотоков. Конкретизирована трактовка понятия «степень реализации потенциала транзитности» применительно к системе ВГП. Полученные результаты расчетов, показывающие для исследуемого полигона возможность ускорения продвижения вагонопотока между узловыми пунктами первого уровня в 2 раза за счет повышения степени реализации потенциала транзитности назначениями при одновременном снижении суммарных затрат на перевозки на 18...27 % по сравнению с существующей СОВВ дают основание рекомендовать использование системы ВГП на полигоне Белорусской железной дороги и на других разветвленных полигонах при преобладании в структуре внутридорожного вагонопотока, выделенного для технической маршрутизации, маломощных струй, что является новой сферой применения групповых поездов [3, 6, 9, 10].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Предлагаемая СОВВ на основе комплексной увязки групповых поездов может быть реализована как на полигоне Белорусской железной дороги, так и на других полигонах с разработкой соответствующей базовой модели, максимально адаптированной для конкретных условий. В диссертации представлена методика ее построения, корректировки, а также рекомендации по этапности перехода от существующей к предлагаемой СОВВ и по интеграции в существующую систему информационного обеспечения управления перевозками [7, 8].

Разработанная в диссертации методика рационализации использования путевого развития сортировочных парков включена в нормативный документ «Методические рекомендации по расчету числа путей в парках сортировочных и участковых станций Белорусской железной дороги» (утвержден приказом № 364НЗ от 02.06.2006 г.), принята к использованию на Белорусской железной дороге и внедрена в учебный процесс Белорусского государственного университета транспорта [4].

Предложенная в диссертации методика комплексной технико-экономической оценки эффективности системы ВГП может быть использована для определения перспектив внедрения данной СОВВ на полигонах железных дорог других стран [6].

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК

1. Кекиш, Н.А. Эффективность организации маломощных грузовых вагонопотоков / Н.А. Кекиш // Залізничний транспорт України. – 2005. – № 3. – С. 83–85.
2. Кекиш, Н.А. Интенсификация использования путевого развития сортировочных парков станций при формировании групповых поездов / Н.А. Кекиш // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2005. – № 1. – С. 23–28.
3. Кекиш, Н.А. Организация вагонопотоков по системе взаимоувязанных цепочек групповых поездов и комплексная сравнительная оценка ее экономической эффективности / М.Н. Луговцов, Н.А. Кекиш // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2005. – № 1. – С. 69–72.
4. Кекиш, Н.А. Взаимосвязь методик расчета путевого развития сортировочных парков станций и плана формирования и основные подходы к их усовершенствованию / М.Н. Луговцов, Н.А. Кекиш // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2007. – № 1 – 2 (14–15). – С. 71–74.
5. Кекиш, Н.А. Математическая постановка задачи формирования базовой модели организации вагонопотоков по системе взаимоувязанных групповых поездов между узловыми пунктами первого уровня / Н.А. Кекиш // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2007. – № 1–2 (14–15). – С. 99–103.
6. Кекиш, Н.А. Организация вагонопотоков по системе взаимоувязанных групповых поездов: проблемы и пути решения / Н.А. Кекиш // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2009. – № 1(18). – С. 34–37.
7. Кекиш, Н.А. Информационное обеспечение организации вагонопотоков по системе взаимоувязанных групповых поездов: проблемы и пути решения / Н.А. Кекиш // Наука и прогресс транспорта. Вестник ДНУЖТ. – 2011. – №36 . – С.175–180.
8. Кекиш, Н.А. Конфигурация полигонов железных дорог / Н.А. Кекиш // Мир транспорта. – 2011. – №2(35) . – С. 98–103.
9. Кекиш, Н.А. Экономические и социальные аспекты совершенствования системы организации внутридорожных вагонопотоков / Н.А. Кекиш // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – 2015. – № 2(31). – С. 63–65.
10. Кекиш, Н.А. Повышение эффективности организации маломощных вагонопотоков при использовании системы взаимоувязанных групповых поездов / Н.А. Кекиш // Зб. наук. пр. / УкрДУЗТ – Харків, 2017. – Вип: 167. – С. 42–54.

Тезисы докладов

11. Кекиш, Н.А. Повышение экономической эффективности и безопасности продвижения маломощных вагонопотоков / Н.А. Кекиш, С.В. Дорошко // Проблемы безопасности на транспорте: междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 24–25 октября 2002 г. : тез. докл. / Бел. гос. ун-т трансп. ; ред.: В. И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2002. – С. 303–304.

12. Кекиш, Н.А. Взаимосвязь методик расчета путевого развития сортировочных станций и плана формирования / М.Н. Луговцов, Н.А. Кекиш // Проблемы и перспективы развития транспортных систем и строительного комплекса : междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 30-31 октября 2003 г. : тез. докл. : в 2 ч. / Бел. гос. ун-т трансп.; ред.: В. И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2003. – Ч. 2. – С. 42–43.

13. Кекиш, Н.А. Организация маломощных внутридорожных вагонопотоков по системе взаимоувязанных цепочек групповых поездов / Н.А. Кекиш // Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем: техніка, технологія, економіка і управління : II навук.-практ. конф., Київ, 29 листопада – 1 грудня 2004 г.: тези доп. : в 2 ч. / Міністерство транспорту та зв'язку України, Київський університет економіки і технологій транспорту, Транспортна академія України, Науково-технічне товариство залізничників України ; ред: Е. І. Даніленко [та інш.]. – Київ, 2004. – Ч. 1: Техніка, технологія. – С. 147–148.

14. Кекиш, Н.А. Совершенствование тягового обеспечения железнодорожных перевозок / Н.А. Кекиш // Проблемы безопасности на транспорте : междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 21–22 октября 2010 г. : тез. докл. / Бел. гос. ун-т трансп. ; ред.: В. И. Сенько [и др.]. – Гомель, 2010. – С. 301–303.

РЕЗЮМЕ

Кекиш Наталия Анатольевна

Организация внутридорожных вагонопотоков
по системе взаимоувязанных групповых поездов

Ключевые слова: организация внутридорожных вагонопотоков, маломощные потоки, взаимоувязанные групповые поезда, конфигурация полигона, постоянное расписание, сортировочные паркы.

Объект исследования: система организации внутридорожных вагонопотоков.

Цель работы: разработка системы организации маломощных внутридорожных вагонопотоков в условиях разветвленного полигона, обеспечивающей ускорение их продвижения при одновременном снижении суммарных затрат на перевозки.

Методы исследования: системный подход, моделирование, теория графов.

Полученные результаты и их новизна. Разработаны теоретические основы системы организации внутридорожных вагонопотоков на основе взаимоувязанных групп

повых поездов, впервые использующей фактор конфигурации полигона как приоритетный при выделении назначений. Выполнена математическая постановка задачи формирования базовой модели организации вагонопотоков по системе взаимоувязанных групповых поездов для замкнутого разветвленного полигона. Для реализации предлагаемой системы разработана методика рационализации использования путевого развития сортировочных парков.

Комплексная сравнительная технико-экономическая оценка предлагаемой системы организации вагонопотоков доказала ее преимущество перед существующей системой по критериям снижения суммарных затрат и ускорения продвижения вагонов.

Рекомендации по использованию и область применения. Предлагаемая система адаптирована для реализации как на исследованном в работе полигоне Белорусской железной дороги, так и на других сходных по конфигурации разветвленных полигонах с преобладанием маломощных потоков в общей структуре. Методика оптимизации числа путей для накопления может быть использована как для предлагаемой, так и для существующей системы организации вагонопотоков.

РЭЗІУМЭ

Кекіш Наталія Анатольеўна

Арганізацыя ўнутрыдарожных вагонапатокаў
па сістэме ўзаемаўвязаных групавых цягнікоў

Ключавыя словы: арганізацыя ўнутрыдарожных вагонапатокаў, маламагутныя патакі, узаемаўвязаныя групавыя цягнікі, канфігурацыя палігона, пастаянны расклад, сартавальныя паркі.

Аб'ект даследавання: сістэма арганізацыі ўнутрыдарожных вагонапатокаў.

Мэта работы: распрацоўка сістэмы арганізацыі ўнутрыдарожных вагонапатокаў ва ўмовах разгалінаванага палігона пры перавазе маламагутных патокаў у іх агульнай структуры для забеспячэння паскарэння прасоўвання вагонапатокаў пры адначасовым зніжэнні сумарных выдаткаў на перавозкі.

Метады даследавання: сістэмны падыход, мадэляванне, тэорыя графаў.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Распрацаваны тэарэтычныя асновы сістэмы арганізацыі ўнутрыдарожных вагонапатокаў на аснове ўзаемаўвязаных групавых цягнікоў, якая ўпершыню выкарыстоўвае фактар канфігурацыі палігона як прыярытэтны пры выдзяленні прызначэнняў. Выканана матэматычная пастаноўка задачы фарміравання базавай мадэлі арганізацыі вагонапатокаў па сістэме ўзаемаўвязаных групавых цягнікоў для замкнёнага разгалінаванага палігона. Для рэалізацыі прапанаванай сістэмы распрацавана методика рацыяналізацыі выкарыстання пуцявога развіцця сартавальных паркаў.

Комплексная параўнальная тэхніка-эканамічная ацэнка прапанаванай сістэмы арганізацыі вагонапатокаў даказала яе перавагу перад існуючай сістэмай па крытэрах зніжэння сумарных выдаткаў і паскарэння прасоўвання вагонаў.

Рэкамендацыі па выкарыстанні і вобласць прымянення. Прапанаваная сістэма адаптаваная для рэалізацыі як на даследаваным у рабоце палігоне Беларускай чыгункі, так і на іншых падобных па канфігурацыі разгалінаваных палігонах з перавагай маламагутных патокаў у агульнай структуры. Методыка аптымізацыі колькасці пуцей для назапашвання можа быць выкарыстана як для прапанаванай, так і для існуючай сістэмы арганізацыі вагонапатокаў.

SUMMARY

Kekish Nataliya Anatoljevna

The organization of intraroad car flows
on system of interrelated group trains

Key words: the organization of intraroad car flows, low-power car flows, interrelated group trains, polygon configuration, regular schedule, classifying yards.

Object of research: system of the organization of intraroad car flows.

The aim of the research: elaboration of the car flows organization system in conditions of the branched polygon with the predominance of low-power car flows in their overall structure to ensure the acceleration of the promotion of car flows while reducing the total transportation costs.

Research methods: systems theory, modeling, graph theory.

Obtained results and their novelty. The theoretical foundations of intraroad car flows organization system on the basis of interrelated group trains were developed. For the first time it uses a polygon configuration factor as a priority in the allocation of assignments. There was elaborated a mathematical statement of the problem of formation of the basic model of the car flows organization on the system of interrelated group trains for the closed branched polygon. To implement the proposed system was developed a method of rationalization of gridiron use.

Complex comparative technical and economic evaluation of the proposed car flows organization system has proved its advantages over the existing system for the criteria of total costs reducing and accelerating moving of cars.

Application Recommendations. The proposed system adapted to implement both on the studied polygon of the Belarusian Railways and other similar configuration branched polygons with a predominance of low-power car flows in the overall structure. Methods of optimizing the number of classification sidings can be used for both the proposed and the existing car flows organization systems.