

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
«РОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ АКАДЕМИЯ ТРАНСПОРТА»**

Кафедра «Управление транспортными процессами»

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

*Сборник трудов научно-практической конференции
с международным участием
(20–21 октября 2021 г., Москва)*

Москва – 2022

УДК 625(06)

ББК 39.2

P764

Рецензенты: заведующий кафедрой «Организация перевозок и безопасность на транспорте» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный университет путей сообщения», кандидат технических наук, доцент Каликина Т.Н.; доцент кафедры «Управление транспортными процессами» РУТ (МИИТ), кандидат технических наук, доцент Орлов А.М.

Научный редактор – кандидат технических наук, доцент Г.М. Биленко

Ответственный редактор – кандидат технических наук И.М. Басыров

Издается по решению редакционно-издательского совета РОАТ РУТ (МИИТ).

P764 Инновационные технологии на железнодорожном транспорте:
сборник трудов научно-практической конференции с международным участием (20–21 октября 2021 г., Москва) / Под общ. ред. Г.М. Биленко, И.М. Басырова; М-во транспорта Рос. Федерации, Рос. ун-т транспорта (МИИТ), Рос. открытая акад. транспорта. – Москва: РУТ (МИИТ): РОАТ, 2022. – 462 с.
ISBN 978-5-7473-1109-1. — Текст: непосредственный.

В сборник вошли статьи преподавателей вузов, аспирантов, научных работников, а также сотрудников ведущих предприятий отрасли, независимых исследователей из России, Республики Беларусь, Монгольской Народной Республики, Республики Узбекистан. Рассматриваются актуальные проблемы управления железнодорожным транспортом на основе инновационных технологий, совершенствования транспортного взаимодействия, различные подходы к решению поставленных задач.

Материал сборника статей может представлять интерес для широкого круга специалистов, преподавателей, аспирантов, научных работников, студентов, — всех, кому интересны вопросы состояния и развития инновационных технологий в отрасли.

Иллюстративный материал заимствован из общедоступных ресурсов интернета, не содержащих указаний на авторов этих материалов и каких-либо ограничений для их заимствования.

УДК 625(06)

ББК 39.2

ISBN 978-5-7473-1109-1

© РУТ (МИИТ), 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	6
О.С. Абляимов. К оценке эффективности использования локомотивной тяги на холмисто-горном участке узбекской железной дороги	7
В.И. Апатцев, И.М. Басыров. К вопросу архитектуры информационной системы транспортной компании – контейнерного оператора	15
Е.Г. Асманкин, Н.В. Радисавльевич, И.А. Мусатова. Техническое обоснование средств защиты железнодорожной цистерны с пропаном при моделировании очага пожара	22
А.Г. Баранов, С.Г. Волкова, Т.Г. Кузнецова. К вопросу о развитии некоторых подходов к прогнозированию работы транспортных систем	31
М.А. Басыров. Инновационные крупнотоннажные контейнеры увеличенных параметров	35
А.А. Белоусова. Инновационное развитие логистических технологий на железнодорожном транспорте	40
Н.О. Бересток, А.С. Шумский, Г.М. Биленко, С.П. Шумский. Особенности управления эксплуатационной работой и организации перевозочного процесса на российских железных дорогах: опыт, состояние и перспективы	45
Г.М. Биленко, А.А. Шатохин. Проблемы разработки и использования нормативных и вариантных графиков движения поездов в условиях цифровизации технологических процессов ОАО «РЖД»	54
Е.В. Бородина, П.А. Дятчин. Организация работы с местными вагонопотоками на основных и вспомогательных станциях центрального транспортного узла при вводе московских диаметров	64
В.А. Бугреев, Е.В. Новиков, А.П. Чехов, П.А. Чехов, В.С. Лапкин. Оптимизация параметров системы технического обслуживания подвижного состава или научно-методический аппарат для анализа влияния параметров ТО на показатели надежности подвижного состава	75
Ю.Д. Валуйская. Основные проблемные аспекты при формировании инвестиционных заявок на развитие инфраструктуры железнодорожных станций и участков	82
С.П. Вакуленко. Классификация железнодорожных узлов с позиций системного подхода	89
Н.В. Власова, В.А. Оленцевич. Необходимость разработки новых проектных решений по реконструкции контейнерных терминалов в современных условиях	96
А.С. Гершвальд. Актуальное состояние системы управления транспортными процессами	105
Б.Э. Глюзберг. Способы повышения пропускной способности горловин станций	114
И.В. Демьянович. Инновационное транспортное обслуживание грузоотправителей	122
А.В. Дмитренко, Баатар Идер. Принципы установления рационального веса и длины грузовых поездов по направлениям движения для однопутных железнодорожных линий	127

Л.И. Докалов. Краткая математическая модель комплексной оценки эксплуатационной эффективности инновационных вагонов в грузовом движении	134
В.С. Евсеев. Международный опыт развития и организации работы пассажирского железнодорожного комплекса высокоскоростного движения	143
А.Д. Ершов, К.А. Калинин, М.В. Роменская. Календарное планирование логистики ввоза массовых грузов в Московский железнодорожный узел	158
Ю.Е. Жужгова, К.М. Тимухин. О межвузовском взаимодействии при подготовке специалистов логистической отрасли	172
Л.Н. Иванкова, А.Н. Иванков, С.Г. Волкова. Формирование опорной сети транспортно-логистических комплексов	177
В.Н. Игин. Эффективность тепловозов в условиях Восточного полигона	184
К.А. Калинин. Особенности построения графика движения поездов на линиях ВСЖМ	191
А.С. Куренков, Д.И. Бодриков, А.С. Космодамианский, В.П. Смирнов. Особенности работы асинхронных вспомогательных машин электровозов переменного тока	201
А.С. Куренков, Д.И. Бодриков, А.С. Космодамианский, В.П. Смирнов. Режимы эксплуатации подшипников асинхронных вспомогательных машин электровозов	206
В.Б. Карпухин. Балансовая модель Леонтьева в распределении ресурсов ремонтного предприятия	210
Т.И. Каширцева. Анализ конкурентоспособности транспортно-логистической системы России на современном этапе	216
И.В. Кашицкий. О влиянии различных условий управления вагонными парками на качество использования подвижного состава	224
В.В. Королев. Исследование взаимосвязи стрелочного хозяйства в инновационном процессе	236
А.С. Крылов. Постановка задачи на разработку концепции перспективного диспетчерского управления на сети железных дорог с применением сквозных принципов	242
Н.В. Кузнецова. Классификация основных типов скреплений на железобетонных шпалах по влиянию на развитие контактно-усталостных дефектов рельса	259
И.И. Лакин. Автоматизированные технологии управления надёжностью локомотивов	269
С.А. Леонова, Я.В. Акименко. Планирование и координация работы видов транспорта, пересекающихся в транспортно-пересадочном узле	276
А.А. Локтев, В.В. Королев, Д.А. Локтев. Определение особенностей грунтов основания при использовании георадара	283
М.Г. Лысиков, Е.Н. Козлова, А.В. Подорожкина. О гибридной модели работы сортировочных станций	290
М.Г. Лысиков, А.М. Ольшанский, Е.Н. Козлова, А.Н. Кузнецова. Постановка задачи расписания движения поездов в терминах квантовых систем	295
О.Н. Мадяр. Внедрение информационных технологий при работе с документооборотом транспортных предприятий	301
Н.Л. Медведева, Ю.М. Курицына. Инновации в цифровой экосистеме РЖД и сбор обратной связи от непосредственных пользователей АСУ и АИС	308

М.Л. Овсянников. Опыт организации пассажирских пригородно-городских перевозок в крупных городах зарубежных стран	313
А.В. Озеров, Г.М. Биленко, М.Л. Окулова. Современные системы интервального регулирования движения поездов	323
А.М. Ольшанский. О постановке задачи управления пассажиропотоком на вокзале	327
А.Т. Осьминин, А.Н. Баушев, И.И. Осьминина, А.А. Шатохин. О возможности применения в управлении железнодорожными транспортными системами и перевозочным процессом искусственного интеллекта	332
Т.Е. Педорич. Об эффекте увеличения населения в районах развития пригородного железнодорожного транспорта	344
Е.Н. Пирогов, В.М. Медведева, В.А. Семеновых, М.А. Махов. Инновационные инженерные системы жизнеобеспечения пассажирских вагонов	352
О.Д. Покровская, М.А. Марченко, И.В. Рыбакова, М.В. Шевердова. Развитие транспортно-пересадочного узла в условиях Санкт-Петербургского транспортного узла	360
Р.В. Розенфельд. Комплексная интегрированная система управления транспортно-экспедиторской компанией в сегменте контейнерных перевозок	372
А.А. Сироткин, А.В. Хмара. Транспортно-логистические возможности АО «Почта России»	378
А.Ф. Слутин, Л.Г. Ручкина. Тягово-энергетическая модель и результаты расчетов режимов движения скоростного электропоезда	386
А.В. Степанов, С.В. Торорошенко, А.Д. Колемасов. Формирование плана «окон» с использованием ВГДП ИСУЖТ	395
Е.А. Терещенков, О.А. Афанасьева, Ю.С. Петрушина. ИСУЖТ как часть цифровой стратегии развития компании ОАО «РЖД»	400
Е.Н. Тимухина, В.В. Лесных. Использование инструмента картирования при исследовании процессов взаимодействия станций в железнодорожном узле	406
И.Н. Шапкин, А.Т. Осьминин. Цифровые технологии приходят на смену прежней идеологии управления перевозками	413
Д.А. Шаркова, Е.С. Максимова. Совершенствование взаимодействия морского и железнодорожного транспорта для повышения потенциала внешнеторговых перевозок . .	432
А.А. Шатохин, И.А. Трушина. Вопросы внедрения комплексной технологии интервального регулирования движения поездов на железнодорожном транспорте	437
И.В. Шишкина. Основы проектирования стрелочных переводов	444
Н.В. Эрлих, А.В. Эрлих. Цифровизация в сфере грузовых перевозок	451
А.В. Эрлих, А.В. Савостьянов, Я.В. Храменкова. Цифровая трансформация российских железных дорог	456

О ВЛИЯНИИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННЫМИ ПАРКАМИ НА КАЧЕСТВО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

И.В. Кашицкий

Независимый исследователь

г. Санкт-Петербург

Аннотация. Следствием структурной реформы железнодорожного транспорта в России часто является изменение показателей работы отрасли. В частности, это ухудшение качественных показателей использования грузовых вагонов. Однако, помимо наиболее очевидного фактора — разделения вагонного парка между операторскими компаниями, на названные показатели одновременно влияют и другие факторы, связанные с изменениями технологии управления вагонным парком в новых условиях. Анализируя динамику фактических показателей работы сети железных дорог за последние годы, невозможно оценить влияние каждого конкретного фактора без учета влияния оставшихся. Для такой оценки требуется компьютерное моделирование. В статье приводится пример моделирования работы железнодорожной сети в различных исходных условиях (разделение вагонного парка, полнота информации о заявках, наличие возможности оперативной регулировки) для оценки влияния каждого в отдельности из факторов на показатели работы сети.

Ключевые слова: показатели, вагонный парк, оборот вагона, операторы, железнодорожная реформа, эксплуатационная работа.

THE AFFECTION OF DIFFERENT RAILCAR OPERATION TECHNOLOGY CONDITIONS TO RAILCARS USAGE INDICATORS

I. Kashitskii

Independent researcher

St. Petersburg

Annotation. The change of railway network KPI-s is commonly mentioned as result of Russian railway transport reform. Particularly this is about declining of cargo railcars usage indicators. However besides the most obvious factor as rail fleet division between rail operator companies, there are other operation technology factors affect considered KPI-s. When analyze actual network indicators it is impossible to abstract one affecting factor from others. Is needed to use computer modeling. In this article is given an example of such model. Railway network operation in different conditions is modeled to estimate affection of each factor separately.

Key words: KPI, indicators, rail fleet, railcar turnover, railway operators, railway reform, railway operation.

В ходе реформирования железнодорожного транспорта в России, в частности, в результате либерализации рынка предоставления нетягового подвижного состава и фактической ликвидации инвентарного вагонного парка отрасль столкнулась с целым рядом новых вызовов и проблем. Одной из проблем, на которые обращено пристальное внимание отраслевой науки и экспертного сообщества, является ухудшение показателей использования подвижного состава в последние годы.

Динамика таких показателей, как оборот вагона и коэффициент порожнего пробега, анализировалась исследователями как с точки зрения эксплуатационной [6, 7], так и экономической [1, 2, 5] науки. Наряду с точкой зрения о прямой причинно-следственной связи разделения вагонного парка с ухудшением качественных показателей использования подвижного состава, ряд экспертов обращал внимание на изменение самой методики расчета показателей в рассматриваемый период [3, 1, 2], а также на существенное влияние внешних факторов (значительное изменение структуры и географии перевозок) [1]. Также анализировался опыт нескольких попыток консолидации вагонного парка [4, 5]. Несмотря на локальное улучшение эксплуатационных показателей, по ряду причин данный опыт оказался неудачным и от его дальнейшего использования отказались, в том числе и по инициативе самого холдинга ОАО «РЖД».

Вместе с тем, исследователи также обращали внимание на возникшую системную проблему: передача права собственности на вагон не сопровождалась передачей полноценного права на управление им [8, 9]. В частности, оператор, будучи собственником вагонов и осуществляя в настоящее время одну из важнейших функций перевозочного процесса — распределение порожних вагонов под погрузку, не имеет доступных инструментов оперативного регулирования. Это принципиально отличает сложившуюся в последние годы систему от ранее существовавшей (таблица 1).

Действительно, горизонт планирования диспетчерского персонала ДЦУП, осуществлявшего привязку вагонов к станциям погрузки, в основном, уже на этапе местной работы и имевшего широкий инструментарий оперативной корректировки в случае необходимости, составлял сутки. Это существенно короче горизонта планирования диспетчерского персонала операторов, поскольку перемещение вагонов по сети может происходить только под конкретную заявку ГУ–12 (или в ремонт, отстой), что требует заблаговременного распределения, обеспечивающего своевременность подачи.

Распределение порожних вагонов под погрузку в различных условиях

Процесс	В условиях инвентарного парка	В современных условиях
Основа для планирования	Сводный заказ ЦФТО на основе заявок ГУ–12, подаваемых грузоотправителями с соответствии с Уставом	Заявки грузоотправителей операторам + заявки ГУ–12, подаваемые грузоотправителями в соответствии с Уставом
Сроки планирования	Посуточно	В срок, обеспечивающий своевременную плановую подачу порожних вагонов
Возможности оперативной регулировки	Посменно (посуточно, по 12-часовым периодам) и в оперативном режиме в зависимости от складывающейся обстановки	Отсутствуют
Управление распределением порожних вагонов	Диспетчеры по управлению вагонным парком (по местной работе, вагонораспределители) ДЦУП	Диспетчерский персонал операторов
Управление продвижением порожних вагонов	Поездные диспетчеры, диспетчеры по местной работе ДЦУП	Поездные диспетчеры, диспетчеры по местной работе ДЦУП

Дополнительным фактором, часто упускаемым из виду при анализе результатов работы сети, является неполнота информации в новых условиях: оператору известно о заявках только в ограниченном сегменте рынка, от грузоотправителей, имеющих с ним договор и обратившихся к нему с соответствующим запросом. При этом и у грузоотправителя нет полноты информации о наличии в непосредственной близости и подходах «свободных» вагонов. Таким образом, возможны ситуации, когда «свободные» вагон и заявка «не знают» о существовании друг друга в силу неполноты информации. Последнее особенно относится к небольшим грузоотправителям и малым операторам.

В результате можно сделать вывод, что при сравнении «дореформенных» показателей работы сети с современными зачастую абсолютизируется влияние фактора разделения вагонного парка. Хотя вместе с ним на ситуацию оказывают влияние еще как минимум два (возможны и другие, оставшиеся без внимания) связанных фактора: оперативность планирования/регулирования и полнота/неполнота информации (таблица 2). Поскольку данные факторы в реальных условиях действуют одновременно, оценить влияние каждого из них в отдельности, анализируя фактические показатели работы сети, невозможно. Для подобной оценки необходимо моделирование.

Распределение порожних вагонов под погрузку в различных условиях

Фактор	Единый вагонный парк, полнота информации о заявках	Разделенный вагонный парк, полнота информации о заявках	Разделенный вагонный парк, неполная информация о заявках
Широкий набор инструментов оперативного регулирования	МПС РФ	?	?
Отсутствие инструментов оперативного регулирования	?	?	Современное состояние

Постановка задачи

Входные данные:

- ✓ железнодорожная сеть определенной топологии, представленная в виде графа (комбинации графов) с вершинами — станциями и ребрами — участками между станциями. Веса ребер: расстояние между станциями и прогнозные времена хода между ними. Данная топология статична и не меняется в процессе моделирования;
- ✓ таблица стоимостей порожнего пробега между станциями сети: от каждой до каждой, статична;
- ✓ размер общего рабочего парка сети. Задается в начале моделирования, статичен;
- ✓ исходная информация по географии перевозок: районы (группы станций) преимущественной погрузки / преимущественной выгрузки. Характеристика концентрации погрузки, характеристика неравномерности погрузки. Характеристики концентрации и неравномерности носят вероятностный характер, что делает возникновение заявок динамичным: число заявок и места их возникновения каждый день случайны в рамках заданных вероятностных характеристик;
- ✓ исходная информация по коммерческим условиям заявок: средняя суточная ставка, коэффициенты границ колебаний ставки. Суточная ставка по конкретной заявке определяется динамически — в момент ее возникновения, в пределах заданных границ.

Моделируемые режимы работы:

- 1) работа сети единым парком с возможностью перераспределения вагонов;

- 2) то же, без возможности перераспределения вагонов после первоначальной привязки;
- 3) работа сети с парком вагонов, разделенным между некоторым числом операторов, каждый из которых при распределении вагонов руководствуется собственным критерием оптимизации; с возможностью перераспределения вагонов;
- 4) то же, без возможности перераспределения вагонов после первоначальной привязки;

Выходные данные:

- коэффициент порожнего пробега при различных условиях работы сети.

Описание модели

Моделировалась работа сети, топология которой представлена на рисунке 1 — с весами ребер графа, равным тарифному расстоянию между станциями и на рисунке 2 — с весами ребер графа по прогнозному времени хода между станциями. На внутриузловые передачи принималось время хода — трое суток (исключение — станции Владивосток и Первая Речка, приняты одни сутки), продвижение между узлами задавалось из расчета маршрутной скорости 600 км/сутки. Заливкой показаны станции преимущественной погрузки, без заливки — преимущественной выгрузки.

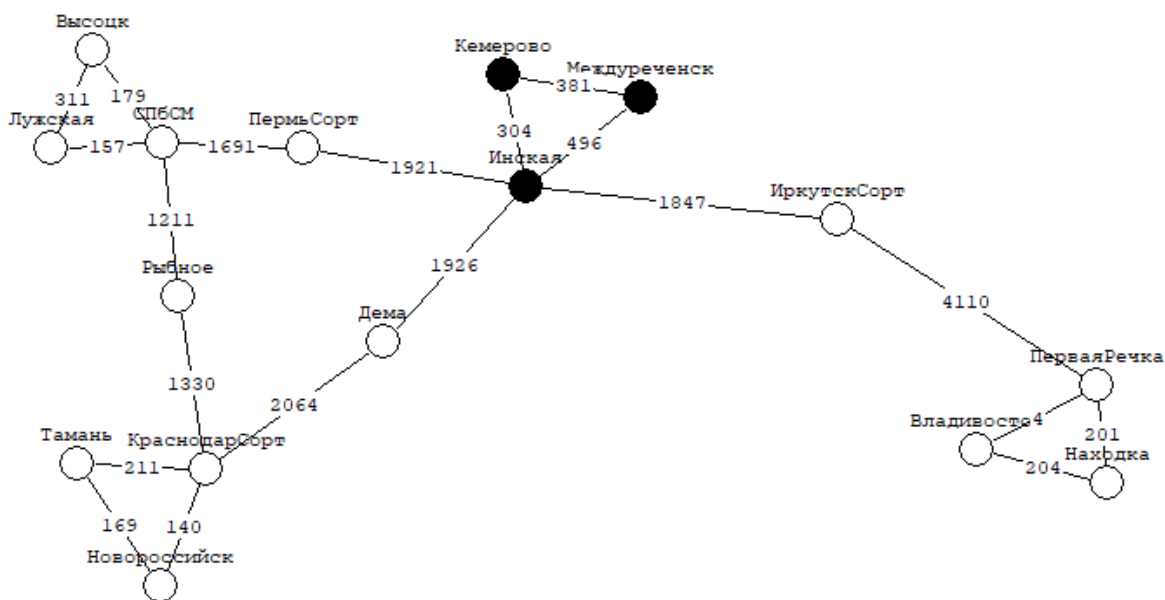


Рисунок 1 – Топология моделируемой сети с расстояниями между станциями, км

Характеристики модели для режимов работы сети единым парком вагонов представлены в таблице 3.

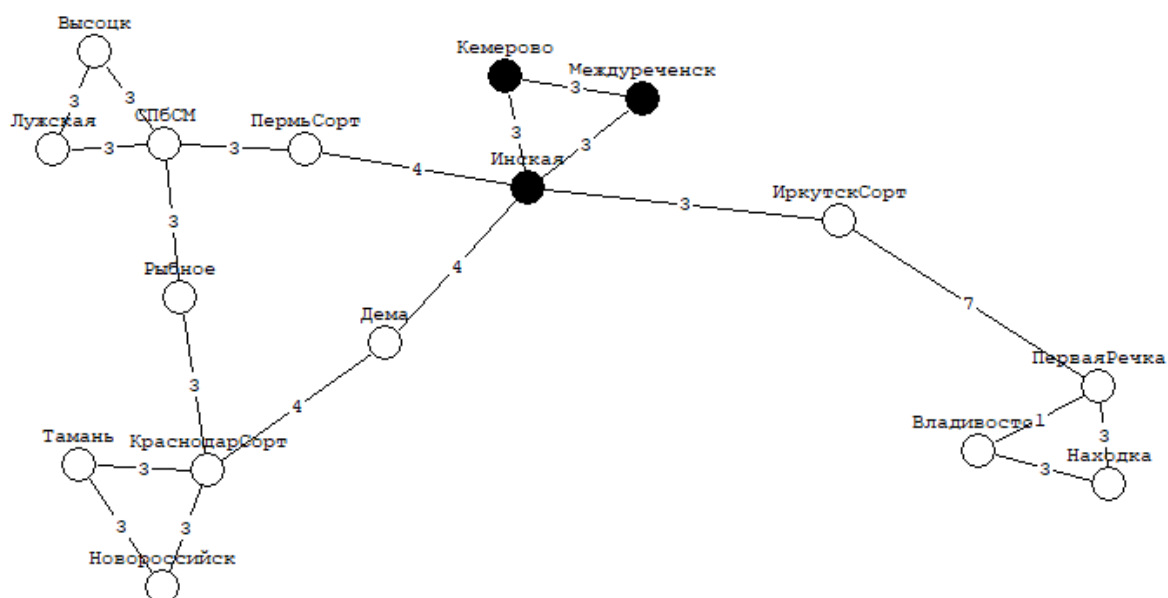


Рисунок 2 – Топология моделируемой сети с прогнозным временем хода между станциями, суток

Таблица 3

Характеристики модели для режимов работы сети единым парком

Дней наблюдения	1000
Вагонов	240
Заявок в день, $n_{\text{ср}}$	15
Коэффициент неравномерности, k_n	2
Станции погрузки	Междуреченск
	Кемерово
	Инская
Коэффициент сосредоточения	0,8
Коэффициент отмены	0,05
Перераспределение в процессе	Да / Нет
Единый парк	Да
Параметр оптимизации	L – порожний пробег

Коэффициент сосредоточения показывает, что 80% возникающих заявок грузятся в районе преимущественной погрузки, аналогично, станция назначения заявки в 80% случаев выбирается случайно из числа станций преимущественной выгрузки.

В каждые сутки число вновь возникающих заявок определяется в диапазоне от 0 до $k_n n_{\text{ср}}$, где k_n — коэффициент неравномерности и $n_{\text{ср}}$ — среднее число заявок.

В то же время каждый день из числа ещё не погруженных заявок 5% исчезают (коэффициент отмены), что моделирует ситуации отказа от заявок по инициативе грузоотправителей.

Распределение вагонов под погрузку производится по критерию минимизации порожнего пробега.

Характеристики модели для режимов работы сети с парком вагонов, разделенных между операторами, представлены в таблице 4.

Вагонный парк равномерно распределяется между тремя операторами. Каждому оператору доступна треть от всего возникающего объема заявок, «чужие» заявки недоступны (моделирование неполноты информации).

Для расчета затрат операторов на порожний пробег в качестве исходных данных задается таблица стоимостей порожнего пробега между всеми станциями сети. По ходу моделирования тарифы на порожний пробег неизменны.

При возникновении заявки определяется стоимость предоставления вагона:

$$D^i = z_{\text{сут}}^i T_{\text{гр}},$$

где $T_{\text{гр}}$ — прогнозное время продвижения вагона от станции погрузки до станции выгрузки, суток (по кратчайшему маршруту);

$z_{\text{сут}}^i$ — суточная доходная ставка за вагон; определяется случайным образом индивидуально для каждой заявки в диапазоне от $0,7z_{\text{сут}}$ до $1,5z_{\text{сут}}$, где $z_{\text{сут}}$ — средняя суточная доходная ставка, заданная константой при создании модели.

В рамках данной модели для удобства расчетов принято, что расходы на предполагаемый порожний пробег, равно как и временные затраты на порожний рейс, отдельными компонентами в расчет стоимости предоставления вагона по заявке не включаются.

Каждый из операторов при распределении вагонов руководствуется разной оптимизационной функцией: оператор 1 минимизирует время подсыла вагона под заявки, оператор 2 — минимизирует затраты на порожний пробег, оператор 3 — максимизирует прибыль (стоимость предоставления вагона по заявке минус затраты на подсыл порожнего вагона).

Алгоритмы и технические параметры

Разработка модели велась на языке программирования C++11, в среде разработки Microsoft Visual Studio Community 2019, версия 16.10.3. Для визуализации графов использовалось программное обеспечение Grin (GGraph Interface). Для анализа и визуализации результатов — библиотеки NumPy и Matplotlib языка Python 3.

При начале работы с моделью после задания топологии сети происходит построение кратчайших маршрутов на графе (по расстоянию и по времени хода) с использованием алгоритма Дейкстры. Построенные на этом шаге маршруты остаются неизменными на протяжении всего запуска.

Характеристики модели для режимов работы сети разделенным парком

Дней	1000
Вагонов	240
Заявок в день	15
Коэффициент неравномерности	2
Станции погрузки	Междуреченск
	Кемерово
	Инская
Коэффициент сосредоточения	0,8
Коэффициент отмены	0,05
Перераспределение в процессе	Да / Нет
Единый парк	Нет
Операторов	3
Размер парка	равный, по 1/3 общего
«Чужие» заявки известны	Нет
Размер доступного рынка	равный, по 1/3 от числа ежедневно появляющихся заявок
Параметры оптимизации	
Оператор 1	Т – кратчайшее время подачи
Оператор 2	С – минимизация затрат на порожний пробег
Оператор 3	Р – максимизация прибыли

Далее модель работает итеративно по суткам. В каждые сутки выполняются шаги в следующей последовательности:

- исчезновение части ранее не погруженных заявок (отказ клиентов от заявки);
- возникновение новых заявок;
- продвижение вагонов по сети;
- распределение свободных вагонов по свободным заявкам.

Распределение вагонов по заявкам осуществляется при помощи Венгерского алгоритма на двудольном графе, где одна доля вершин — свободные заявки, другая — свободные вагоны, а вес ребра между ними определяется в соответствии с выбранным критерием оптимизации.

Отличие режимов с оперативной корректировкой и без таковой заключается в разнице входных массивов вагонов и заявок, подлежащих распределению.

В режиме без перераспределения алгоритму на вход подаются только вагоны, не привязанные на данный момент ни к одной заявке и заявки, под которые не привязан ни один вагон. Таким образом, будучи один раз привязан к заявке, вагон не может быть использован под другую иначе, как после исполнения (выгрузки) по первоначальной. Также вынуждены доезжать до станции, куда они были направлены, порожние вагоны, следовавшие под заявки, от которых клиент уже отказался.

В режиме с перераспределением алгоритму на вход подаются все порожние вагоны и все актуальные, не погруженные заявки. Таким образом, появляется возможность оптимизировать созданное на предыдущем шаге распределение, если вновь появившиеся заявки дают возможность создать более выгодные связи. Также появляется возможность использования вагонов от «заявок-отказников» сразу же после прибытия вагона в ближайший по пути следования узел сети.

Предварительные результаты моделирования

Созданная модель запускалась в вышеуказанных четырех режимах работы. Для каждого режима было осуществлено 30 запусков. После каждого запуска рассчитывался коэффициент порожнего пробега как отношение суммарного порожнего пробега всех вагонов за весь период наблюдения к аналогичному суммарному общему пробегу. Результаты наблюдений приведены в таблице 5.

Таблица 5

Коэффициент порожнего пробега по всем наблюдениям в четырех режимах работы сети

№ п/п	Единый парк без перераспре- деления	Разделенный парк без перераспре- деления	Единый парк с перераспре- делением	Разделенный парк с перераспре- делением
1	0,4332	0,4443	0,2906	0,2534
2	0,4148	0,4568	0,2588	0,2571
3	0,4351	0,4476	0,2772	0,2537
4	0,4218	0,4527	0,2953	0,2646
5	0,4263	0,4419	0,2803	0,2561
6	0,4264	0,4471	0,2840	0,2661
7	0,4256	0,4415	0,2685	0,2525
8	0,4329	0,4443	0,2617	0,2606
9	0,4208	0,4539	0,2863	0,2515
10	0,4371	0,4434	0,2754	0,2481
11	0,4363	0,4403	0,2716	0,2497
12	0,4295	0,4479	0,2730	0,2536
13	0,4182	0,4403	0,2678	0,2530
14	0,4402	0,4530	0,2674	0,2626
15	0,4224	0,4494	0,2632	0,2604

16	0,4291	0,4379	0,2638	0,2617
17	0,4337	0,4528	0,2671	0,2606
18	0,4270	0,4417	0,2870	0,2554
19	0,4297	0,4425	0,2765	0,2614
20	0,4486	0,4351	0,2905	0,2628
21	0,4486	0,4445	0,2756	0,2633
22	0,4156	0,4460	0,2683	0,2558
23	0,4406	0,4399	0,2793	0,2563
24	0,4257	0,4500	0,2598	0,2535
25	0,4207	0,4521	0,2774	0,2616
26	0,4264	0,4342	0,2622	0,2621
27	0,4410	0,4462	0,2863	0,2547
28	0,4420	0,4370	0,2610	0,2590
29	0,4347	0,4401	0,2589	0,2686
30	0,4352	0,4410	0,2743	0,2574
среднее	0,4306	0,4448	0,2736	0,2579

На построенной диаграмме размаха (рисунок 3) отчетливо наблюдаются статистически значимые различия между режимами работы сети «без перераспределения» и «с перераспределением». В то время как значимых различий между работой единым парком и разделенным парком в смоделированных условиях не установлено.

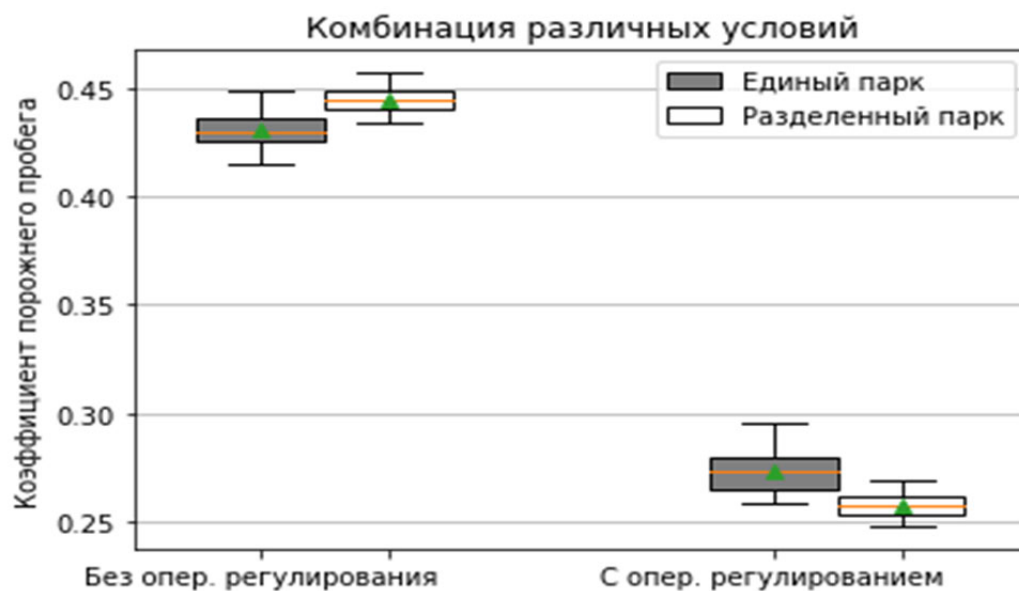


Рисунок 3 – Диаграмма размаха коэффициента порожнего пробега в различных режимах работы сети

Выводы и направления дальнейшей работы.

Исходя из предварительных результатов моделирования, можно сделать следующие выводы:

1. Значимым фактором, оказывающим влияние на коэффициент порожнего пробега при моделировании различных режимов работы сети, является наличие инструментов оперативного регулирования в руках персонала, осуществляющего распределение (и перераспределение) вагонного парка. В группах наблюдений «с перераспределением» и «без перераспределения» наблюдаются статистически значимые различия.

2. При анализе показателя коэффициента порожнего пробега значимых различий по группам наблюдений «единый парк» и «разделенный парк» (при одинаковом режиме распределения) в рамках описанной модели не выявлено.

Вместе с тем, необходимо отметить, что по ряду параметров построенная модель является значительно упрощенной. Так, допущением является полная универсальность вагонного парка и годность любого вагона под любую заявку. Не моделировались вагонопотоки, охваченные отправительской маршрутизацией. Допускалось, что продвижение вагонов по сети осуществляется каждым вагоном в отдельности и независимо от других, а не в составах организованных поездов. В режиме работы сети «с распределением» в текущей реализации не гарантируется, что в случае перепривязки вагона под другую заявку первоначальная заявка по-прежнему будет своевременно обеспечена подвижным составом. При дальнейшей работе над моделью планируется принять во внимание данные аспекты, а также осуществить:

1. Анализ других показателей работы;
2. Анализ режимов работы с полнотой и неполнотой информации о заявках;
3. Внедрение оценки загруженности элементов инфраструктуры, а также, возможно, их влияние в динамическом режиме на прогнозируемое время продвижения вагонов по сети;
4. Создание механизмов направления вагонов в отстой / резерв и, таким образом, динамического изменения величины рабочего парка на сети.

Построение адекватной модели различных режимов работы железнодорожных полигонов позволит достоверно анализировать влияние различных факторов на показатели работы, производить оценку целесообразности и эффективности различных регулировочных мер, разрабатывать организационные и технологические решения для дальнейшего совершенствования организации перевозочного процесса.

Список литературы

1. Хусаинов, Ф.И. О некоторых методологических проблемах оценки работы железнодорожного транспорта / Ф.И. Хусаинов. – Текст: непосредственный // Бюллетень транспортной информации. – 2013. – № 3. – С. 22–31.
2. Хусаинов, Ф.И. Методика оценки профицита/дефицита грузовых вагонов / Ф.И. Хусаинов. – Текст: непосредственный // Экономика железных дорог. – 2014. – № 10. – С. 54–62.

3. Филиппченко, С.А. Новые методы учета парка грузовых вагонов и расчета оборота вагона / С.А. Филиппченко. – Текст: непосредственный // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 4. – С. 67–70.
4. Федорович, В.О. Экономическая эффективность грузовых перевозок: современные методы управления приватным вагонным парком (на примере АО «Федеральная Грузовая Компания») / В.О. Федорович. – Текст: непосредственный // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2016. – № 2 (34). – С. 225–239.
5. Кубрак, Н.А. Экономическая оценка консолидации парка грузовых вагонов: диссертация на соискание ученой степени канд. экон. наук: 08.00.05 / Кубрак Наталья Александровна. – Новосибирск, 2017. – 180 с. – Текст: непосредственный.
6. Шенфельд, К.П. Развитие методов управления перевозочным процессом в условиях рыночной экономики и реформирования железнодорожного транспорта: диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук: 05.22.08 / Шенфельд Константин Петрович. – Москва, 2013. – 286 с. – Текст: непосредственный.
7. Осьминин, А.Т. Анализ работы станций в условиях множественности операторов подвижного состава / А.Т. Осьминин, С. Кириллова. – Текст: непосредственный // Вектор транспорта. Научно-публицистический альманах – 2015. – № 4. – С. 47–51.
8. Матюшин, Л.Н. Операторская проблема перевозочной функции / Л.Н. Матюшин, Е.М. Тришкин. – Текст: непосредственный // Бюллетень транспортной информации. – 2010. – № 10 (184). – С. 12–15.
9. Гершвальд, А.С. Введение в теорию управления процессами на железнодорожном транспорте. Книга 1. 19 системообразующих задач: монография / А.С. Гершвальд, Г.М. Биленко, А.В. Еловигов, И.М. Басыров. – Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2018. – 119 с. – Текст: непосредственный.