

The article considers the influence the flow structure of processed passenger train trains on the technical and technological parameters of passenger technical stations (PTS). The results of calculations the values criteria for optimization of technical and technological parameters, technical equipment and technology of operation PTS and technical parks of passenger stations.

Получено 09.11.2021

---

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития  
железнодорожных станций и узлов. Вып. 3. Гомель, 2021**

---

УДК 656.232.2 : 629.4.05

*Н. А. КЕКИШ, М. А. СКУМИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
natalia.kekish@gmail.com, maragnchr@gmail.com*

## **КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОРОЖНИМИ ВАГОНПОТОКАМИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ СТРУКТУРЫ ВАГОННОГО ПАРКА ПО СОБСТВЕННОСТИ И С УЧЕТОМ ОГРАНИЧЕНИЙ ПО ЗАГРУЗКЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Рассматриваются недостатки существующих подходов к планированию и организации перемещения порожних вагонопотоков. Предлагается комплексная система управления порожними вагонопотоками, которая в отличие от существующих допускает различные варианты включения определенной доли парка частных вагонов в централизованную регулировку. В ней реализованы механизмы динамического съема информации о загрузке инфраструктуры по выделенным контрольным точкам. Основой достигаемого системного эффекта является ускорение оборота вагонов и повышение эффективности их использования.

В развитии железных дорог постсоветского пространства давно наступил этап реформирования технологии перевозок, ориентированной на нужды плановой экономики в направлении клиентоориентированности и предоставления услуг субъектами перевозочного процесса на конкурентной основе. Значительные изменения в ближайшем будущем ожидают и Белорусскую железную дорогу в части организации процесса поездообразования, планирования перевозок и т. д. Одним из наиболее актуальных вопросов изменения существующей технологии перевозок является распределение перевозочных ресурсов. В условиях ежегодного увеличения доли частных вагонов и уменьшения доли вагонов инвентарного парка при сохранении существующих принципов управления порожними вагонопотоками возникает риск перегрузки инфраструктуры и технологического дефицита вагонов вследствие неэффективного и разрозненного управления отдельными владельцами подвижного состава. Опыт ОАО «РЖД» показы-

вает, что поиск решения данного вопроса необходим заблаговременно, до возникновения проблем с дефицитом инфраструктуры и убытками транспортных компаний, а это отражается в конечном итоге на качестве предоставляемых грузовладельцам услуг.

Целью настоящего исследования является формирование системы распределения перевозочных ресурсов для различных вариантов структуры вагонного парка по собственности (различной доли частных вагонов в общем парке) с учетом ограничений по загрузке инфраструктуры, связанных, в том числе, и с изменениями точности прогноза мощности и направления движения корреспонденций порожних вагонопотоков при планировании.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ существующих подходов к управлению парком порожних вагонов различных собственников;
- формулировка основных принципов предлагаемой авторами методики управления порожними вагонопотоками с учетом ограничения по загрузке инфраструктуры;
- разработка алгоритма поиска вагонов по заявкам на перевозку грузов, определение перечня и источника получения исходных данных для поиска;
- выбор контрольных точек планирования и съема информации о фактической загрузке инфраструктуры в предлагаемой методике.

Анализ существующих подходов к управлению парком порожних вагонов разных собственников необходим для выявления закономерностей, связанных именно со структурой вагонного парка, и выявления тех позитивных сторон каждого подхода, которые в определенном сочетании могли бы стать основой новой системы.

Подходы к управлению парком порожних вагонов включают в себя организационные механизмы взаимодействия собственников вагонов и перевозчика, а также математические методы по определению оптимальных вариантов регулировки порожних вагонов.

Наиболее известными математическими методами, используемыми для решения задачи распределения порожних вагонов под погрузку, являются задача целочисленного линейного программирования [1, 2] и динамическая транспортная задача с задержками [3]. Главным недостатком перечисленных методов является невозможность их корректного применения при нерегулярности и неравномерности потоков, так как данные условия создают ограничения по длительности периодов планирования [4].

Существующие подходы к управлению парком порожних вагонов по организационному механизму взаимодействия приведены в таблице 1.

Таблица сравнения способов управления парком порожних вагонов позволяет сделать выводы о том, что результативность каждого конкретного подхода определяется правильностью выбранных критериев оптимизации процесса перемещения порожних вагонов, включая прибыльность для владельцев подвижного состава, параметры использования инфраструктуры, а главное, качество услуг по перевозке грузов. Формирование нового подхода

к управлению парком порожних вагонов возможно при установлении компромисса между строго централизованным управлением вагонами одним оператором с риском возврата к монополии и неконтролируемым перемещением вагонов отдельных собственников, но с риском технологического дефицита вагонов и неэффективного использования вагонного парка.

Дополнительным фактором, который должна учитывать новая система управления порожними вагонами, является дифференциация подходов в зависимости от прогнозируемости перевозки конкретных грузов.

**Таблица 1 – Существующие подходы к управлению парком порожних вагонов по организационному механизму взаимодействия перевозчика и владельца подвижного состава**

Вид управления парком порожних вагонов	Субъект управления	Договорные отношения между субъектом управления и владельцем ПС	Преимущества	Недостатки
Координация парка порожних вагонов частной управляющей компанией [5]	Хозрасчетная, самокупаемая компания на средства отчислений владельцев подвижного состава	Фьючерсные контракты (страхование валютных рисков для покупателя)	Ускорение оборота вагонов; уменьшение порожнего пробега; оптимизация перевозочного процесса; охват всех заявок на перевозку	Отсутствие контроля за активами у собственников подвижного состава
Технологический аутсорсинг [6]	Перевозчик	Передача перевозчику оперирования обезличенным вагонным парком	Сокращение порожнего пробега вагонов	Риск снижения ставки для собственников вагонов; риск возврата к монополии
Консолидация парка порожних вагонов [5]	Крупный оператор подвижного состава	Сохранение функции контроля за использованием вагонов собственниками	Сохранение условий конкуренции на рынке	Риск незначительного уменьшения порожних пробегов; риск перегрузки инфраструктуры

Полный логистический аутсорсинг [5]	Отдельные операторы ПС	Заключение договора на комплексное обслуживание с промышленным предприятием	Ускорение оборота вагонов для устойчивых вагонопотоков конкретного оператора подвижного состава	Риск несоответствия методики для непрогнозируемых и неравномерных вагонопотоков; отсутствие системного эффекта использования инфраструктуры
Управление по агентским договорам подразделением монополии [7]	ЦФТО РЖД	Договор аренды	Возможность системного управления парком порожних полувагонов и снижения загрузки инфраструктуры	Убытки владельцев вагонов; возникновение технологического дефицита вагонов; рост порожнего пробега
Парк вагонов собственных привлеченных [7, 8]	ОАО «РЖД»	Временное привлечение к управлению	Снижение порожнего пробега вагонов	Неконкурентоспособность собственников вагонов, привлеченных в парк, по сравнению с другими собственниками; падение рыночных ставок операторов

Авторами предлагается сохранение существующего централизованного диспетчерского управления перемещением порожних вагонопотоков владельцем инфраструктуры, но с возможностью выбора владельцем подвижного состава степени его участия в централизованном управлении вагонным парком. Предлагаются следующие варианты.

1 Самостоятельная регулировка парка порожних вагонов владельцем подвижного состава и планирование перемещения данных вагонов владельцем инфраструктуры на основе указаний в перевозочных документах (существующий вариант регулировки).

2 Единовременная передача владельцу инфраструктуры прав поиска обратной загрузки по маршруту перемещения порожнего вагона до станции погрузки на основе данных заявок других грузовладельцев.

3 Передача владельцу инфраструктуры прав поиска заявок на перевозку грузов в вагоне владельца в течение фиксированного периода времени / до отмены с разрешением выезда за пределы железнодорожной администрации без разрешения выезда за пределы железнодорожной администрации.

Таким образом, предлагаемая система управления парком порожних вагонов позволяет сочетать сохранение конкурентной среды на рынке железнодорожных грузовых перевозок и централизованный подход к координации вагонопотоков с возможностью получения системного эффекта.

Порядок планирования перемещения разных типов порожних вагонопотоков с указанием периодов прогнозирования их перемещения и первичных источников информации в предлагаемой авторами системе управления с сохранением существующей системы согласования заявок на перевозку представлен на рисунке 1. Предлагаемая авторами система распределения перевозочных ресурсов базируется на существующей системе планирования на Белорусской железной дороге и направлена на использование потенциала действующих информационно-управляющих систем.

В существующей системе сменно-суточного планирования на Белорусской железной дороге пономерной поиск вагонов под погрузку осуществляется за 1–2 суток до предполагаемой погрузки по согласованным основным и дополнительным заявкам на перевозку грузов формы ГУ-12. Часть заявок на перевозку грузов уже обеспечена подвижным составом за счет использования собственных вагонов или вагонов экспедиторов (в официальной терминологии Белорусской железной дороги грузоотправителей / грузополучателей), а остальные обеспечиваются вагонами инвентарного парка.

В предлагаемой системе собственники вагонов, которые отказались от участия в централизованной регулировке вагонов, самостоятельно принимают решение о направлениях их следования и реализуют поиск грузов для перевозки.

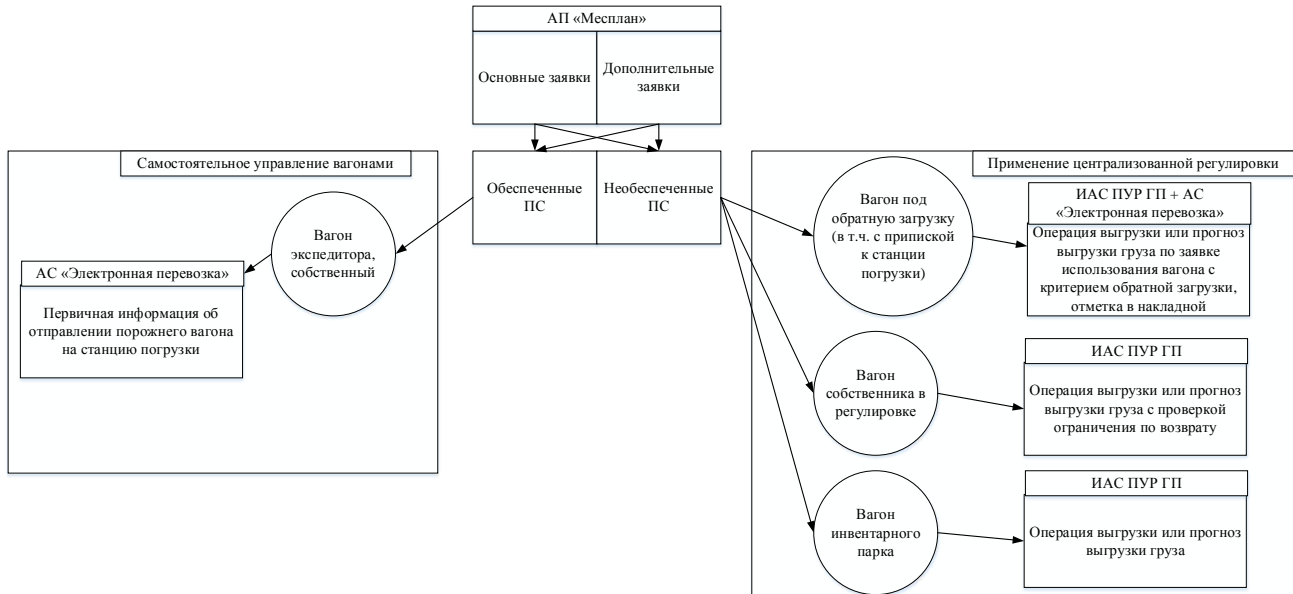


Рисунок 1 – Порядок планирования перемещения порожних вагонопотоков в предлагаемой системе управления

Для владельца инфраструктуры перемещение таких порожних вагонопотоков не прогнозируется, а информация о маршруте перемещения конкретного вагона становится известна только в момент оформления комплекта перевозочных документов на порожний вагон в АС «Электронная перевозка» с указанием станции назначения.

При такой организации обеспечения заявки подвижным составом отпадает необходимость в длительном периоде её согласования, так как поиск подвижного состава в этом случае не является обязанностью перевозчика, а информация заявки нужна только для прогнозирования мощности загрузки инфраструктуры. В случае изменения технологии планирования перевозок и системы подачи заявок возможна реализация следующего варианта согласования подобных заявок: при оформлении документов на порожний вагон собственника известна станция следующей погрузки, соответственно, оформление накладной на порожний вагон для следования на станцию погрузки может запускать механизм автоматического согласования заявки на перевозку груза с указанием дополнительно необходимой информации.

Второй вариант привязки порожних вагонов к заявке предполагает применение полной или частичной регулировки вагонов разных собственников перевозчиком или оператором инфраструктуры. Передача собственником вагона перевозчику права поиска обратной загрузки при перемещении порожнего вагона после выгрузки на станцию приписки или станцию следующей погрузки позволяет прогнозировать перемещение этого порожнего вагона только по факту выгрузки вагона или прогноза его выгрузки. Обмен информацией в данном случае реализуется следующим образом: при выгрузке вагона грузополучатель оформляет перевозочные документы на порожний вагон в АС «Электронная перевозка», указывая при этом станцию назначения по заявлению собственника или станцию приписки/срочного возврата. При перемещении порожнего вагона после выгрузки на станцию срочного возврата/приписки перемещение таких вагонопотоков прогнозируется с момента погрузки груза в вагон и оформления на груженный вагон накладной в АС «Электронная перевозка», а далее прогноз основывается на оперативных данных о дислокации вагона в системе ИАС ПУР ГП.

В случае перемещения порожнего вагона после выгрузки на станцию погрузки по указанию собственника направление дальнейшего следования вагона известно только по факту оформления накладной на порожний вагон в АС «Электронная перевозка». Таким образом, при наличии станции приписки владелец вагона может передавать перевозчику право поиска обратной загрузки сразу после опрвления груженого вагона, а при произвольной регулировке владельцем вагона – по факту оформления перевозочных документов на этот вагон после выгрузки. Технологически передача права поиска обратной загрузки может быть реализована как проставление соответствующей отметки в перевозочном документе.



Часть собственных вагонов, предоставленных перевозчику для регулировки на период или до отмены, используются под погрузку грузов по заявкам, не обеспеченных подвижным составом. При этом маршрут перемещения порожних вагонов планируется перевозчиком по факту выгрузки или основываясь на прогнозе выгрузки (информация содержится в системе ИАС ПУР ГП), важным условием подбора погрузки для вагона собственника является проверка критерия срока возврата: при истечении периода предоставления вагона в регулировку осуществляется его перемещение в порожнем состоянии на станцию возврата, указанную владельцем вагона, или с реализацией груженого рейса в попутном направлении следования вагона при наличии достаточного времени.

Управление инвентарным парком вагонов перевозчика реализуется посредством централизованной регулировки на основе прогнозируемых данных о выгрузке вагонов или предстоящей выгрузке из системы ИАС ПУР ГП.

Таким образом, владельцам вагонов предоставляется выбор: реализовывать самостоятельное управление вагонным парком или определять степень своего участия в централизованной регулировке вагонов. Этот подход является очень гибким, позволяя сочетать эффективность централизованного управления с соблюдением прав собственников подвижного состава.

Предложенная авторами система распределения перевозочных ресурсов позволит изменить существующую технологию согласования заявок и планирования загрузки инфраструктуры. Сроки подачи заявок на перевозку грузов и интервалы планирования перевозочного процесса зависят от прогнозируемости отдельных вагонопотоков. Прогнозируемость потоков при реализации предложенной авторами методики представлена в таблице 2.

Таким образом, согласно таблице 2 перемещение порожних вагонопотоков прогнозируется при наступлении следующих событий:

- для вагонов, регулируемых собственниками – в момент оформления перевозочных документов на перемещение порожнего вагона;
- для вагонов собственников с обратной загрузкой – в момент оформления документов на перемещения порожнего вагона с пометкой поиска обратной загрузки (фактически информирование перевозчика о предоставлении вагона для однократной регулировки с закрепленным маршрутом);
- для вагонов собственников в регулировке – в момент привязки порожнего вагона к заявке на перевозку груза;
- для вагонов инвентарного парка – в момент привязки порожнего вагона к заявке на перевозку груза.

Прогнозирование перемещения груженых вагонопотоков в соответствии с существующей системой планирования может быть реализовано до начала месяца перевозок, документальное основание для прогноза – график подачи вагонов, составляемый на декаду.

Таблица 2 – Прогнозируемость перемещения вагонопотоков при реализации предложенной авторами системы распределения перевозочных ресурсов

Тип заявки на перевозку	Груженный рейс	Порожний рейс	Период прогноза груженого рейса	Период точного прогноза порожнего рейса	Величина порожнего пробега
Обеспеченная собственными вагонами	Согласно заявке на перевозку	Со станции выгрузки до станции погрузки	В пределах заявки на перевозку, оформление документов на погрузку	Оформление комплекта документов на порожний вагон	$T_{п} - T_{в}$
Обеспечение обратной загрузки после выгрузки	Поиск подходящей заявки на перевозку груза	Со станции выгрузки до станции попутной погрузки и от станции попутной выгрузки до станции погрузки	В момент привязки порожнего вагона к заявке на попутную погрузку после выгрузки или в процессе выгрузки.	Оформление документов на перевозку груза при срочном возврате или оформление документов на перемещение порожнего вагона	$T_{п} - T_{в} - (T_{пп} - T_{пв})$
При регулировке вагонов на период	Поиск подходящей заявки на перевозку груза	Со станции выгрузки до станции погрузки по критерию минимума расстояния	В пределах заявки на перевозку в момент привязки порожнего вагона к заявке	Привязка заявки	$\min(T_{п} - T_{в})$
Инвентарный парк	Поиск подходящей заявки на перевозку груза	Со станции выгрузки до станции погрузки по критерию минимума расстояния	В пределах заявки на перевозку в момент привязки порожнего вагона к заявке	Привязка заявки	$\min(T_{п} - T_{в})$
<p><i>Примечание</i> – <math>T_{п}</math> – момент погрузки; <math>T_{в}</math> – момент выгрузки; <math>T_{пп}</math> – момент попутной погрузки; <math>T_{пв}</math> – момент попутной выгрузки.</p>					

Другим вариантом получения прогнозных данных может быть сбор информации по погрузке каждого груза конкретного грузоотправителя в предыдущие периоды и расчет неравномерности погрузки в течение месяца посредством интеллектуального анализа данных. В предлагаемой методике по прогнозируемым объемам перевозок грузов, согласованных основными заявками, формируется ядро перевозок на каждые сутки с учетом возможной неравномерности, осуществляется выделение доли пропускной способности инфраструктуры для пула срочных или «коротких» заявок. Перевозки грузов по дополнительным заявкам являются непрогнозируемыми или слабо прогнозируемыми и подаются по факту возникновения спроса на поставку товара.

Информация о перемещении порожних вагонопотоков согласно таблице 2 становится доступной за 1–2 суток (и менее) до фактического отправления их в составе поезда. Соответственно, исходя из вышесказанного, авторами предлагается следующий алгоритм планирования загрузки инфраструктуры:

- на каждые сутки устанавливается ядро перевозок по основным заявкам;
- на 1–2 суток планируется перемещение порожних вагонопотоков;
- реализация регулировки вагонов, а именно подбор порожних вагонов под основную заявку на перевозку груза, определение доли загрузки инфраструктуры для перемещения вагонов к месту погрузки;
- реализация регулировки вагонов по привязке к дополнительным заявкам в порядке их подачи с учетом оставшейся загрузки инфраструктуры.

Контрольные точки планирования и съема информации о загрузке инфраструктуры представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Контрольные точки планирования и съема информации о фактической загрузке инфраструктуры**

Параметр	Контрольные точки
Информация из формы ГУ-12 (дополнительные заявки)	Оставшийся резерв пропускной способности
Отправление порожних вагонов собственников по комплекту перевозочных документов	Пропускная способность на объемы перевозок порожних вагонов
Прибытие вагонов на станцию выгрузки/прогноз прибытия в регулировку	
Отправление груженых вагонов с обратной погрузкой	
Информация из формы ГУ-12 (основные заявки)	Пропускная способность на объемы перевозок по месячным заявкам

Планирование загрузки инфраструктуры предполагает наличие ограничений:

- по количеству перевозимых за сутки составов поездов по ниткам графика (общее количество перевозимых вагонов по направлениям плана формирования в течение суток);

- по перерабатывающей способности станций (по вместимости парков – количество вагонов, одновременно находящихся в парках станции, по перерабатывающей способности сортировочных устройств);

- по пропускной способности пунктов перехода (количество составов, пропускаемых за сутки в прямом и обратном направлениях);

- по вместимости путей, выделенных для простоя порожнего подвижного состава.

Возможные варианты взаиморасчетов владельца вагона и перевозчика за использование вагонов в централизованной системе регулировки описаны в статье [9].

Перечисленные ограничения загрузки инфраструктуры зависят от следующих параметров, устанавливаемых статистически из системы ИАС ПУР ПП:

- технологическое время нахождения вагонов различных категорий, направлений и назначений в пределах станции и её элементов (включая межоперационные перерывы; с выделением времени накопления составов и групп вагонов);

- ограничения на размеры транспортных потоков (грузов, вагонов и поездов) и их дифференциацию по назначениям, диктуемые техническим развитием станции и ее элементов (допустимые размеры переработки и число назначений по станциям, допустимые размеры движения по участкам, допустимые размеры отправления и прибытия отправительских маршрутов).

Таким образом, предлагаемая методика планирования загрузки инфраструктуры позволит сократить оборот вагона и, как следствие, потребность в инфраструктуре, повысить эффективность использования вагонов. В отличие от существующих подходов к управлению парком порожних вагонов предлагаемая методика дает возможность использовать резерв парка частных вагонов для обеспечения погрузки, сократить период планирования, что является крайне важным для увеличения объемов перевозок за счет грузоотправителей мелких и средних партий с нестабильными размерами грузопотока. Более эффективное управление вагонным парком собственников является взаимовыгодным для перевозчика, владельцев вагонов, грузовладельцев, поскольку выступает как инструмент снижения себестоимости перевозок за счет сокращения простоя и порожнего пробега и связанных инфраструктурных затрат.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Тишкин, Е. М. Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка / Е. М. Тишкин // Труды ВНИИАС. – Вып. 4. – М. : ВНИИАС. – 2005. – 188 с.

2 Шенфельд, К. П. Развитие методов управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте в современных условиях / К. П. Шенфельд, Е. А. Сотников. – М. : Научный мир, 2015. – 202 с.

3 Козлов, П. А. Модель оптимизации управления парками вагонов разных собственников / П. А. Козлов, И. П. Владимирская, Н. А. Тушин // Вестник РГУПС. – № 3. – 2010. – С. 93–98.

4 Мишкурлов, П. Н. Динамическая оптимизация параметров вагонопотоков в промышленных транспортных системах : дис. ... канд. техн. наук / П. Н. Мишкурлов. – Магнитогорск, 2016. – 168 с.

5 Годовальый, К. А. Технологический аутсорсинг как инструмент развития рынка операторских компаний / К. А. Годовальый, М. В. Колесников // Известия Транссиба. – 2020. – № 3(43). – С. 97–106.

6 Кубрак, Н. А. Экономическая оценка консолидации парка грузовых вагонов : дис. ... канд. экон. наук / Н. А. Кубрак. – Новосибирск, 2017. – 180 с.

Хусаинов, Ф. И. Реформа железнодорожной отрасли: проблемы незавершенной либерализации. Аналитический доклад для Экспертного института Национального исследовательского университета / Ф. И. Хусаинов. – М. : Высшая школа экономики, 2014. – 180 с.

7 Писаревский, Г. Е. Принципы формирования консолидированного парка грузовых вагонов и методы экономической оценки эффективности его работы / Г. Е. Писаревский, П. Б. Маневич, Н. М. Ломакина // Железнодорожный транспорт. – 2015. – № 10. – С. 68–73.

8 Кекиш, Н. А. Совершенствование информационного обеспечения планирования перевозок для реализации интегрированной системы организации порожних вагонопотоков с учетом принадлежности подвижного состава / Н. А. Кекиш, М. А. Гончар // Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. – № 2 (41). – 2020. – С. 94–98.

*N. A. KEKISH, M. A. SKUMINA*

### **INTEGRATED EMPTY CAR FLOWS MANAGEMENT SYSTEM FOR VARIOUS STRUCTURAL VARIANTS OF THE WAGON FLEET BY OWNERSHIP GIVEN INFRASTRUCTURE LOADING RESTRICTIONS**

The article discusses the shortcomings of existing approaches to planning and organizing the relocation of empty cars. The proposed comprehensive system for the management of empty cars, unlike the existing ones, provides a range of options for including a certain percentage of the private wagon fleet in central regulation. It implements mechanisms for the dynamic information retrieval about infrastructure loading from assigned control points. The achieved system effect is based on more rapid cars turnaround and improving their use.

Получено 28.10.2021