

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет транспорта (МИИТ)»

На правах рукописи



ШАТОХИН АНДРЕЙ АНДРЕЕВИЧ

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПАРКОМ
ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ В КОНКУРЕНТНОЙ СРЕДЕ

05.22.08 – Управление процессами перевозок

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, доцент
Елисеев Сергей Юрьевич

Москва – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| ГЛАВА 1. АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ И ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРКОМ ВАГОНОВ | 14 |
| 1.1 История развития технологии управления парком вагонов | 14 |
| 1.2 Анализ исследований в области управления парком вагонов..... | 15 |
| 1.3. Этапы создания рынка железнодорожных перевозок..... | 20 |
| 1.4. Анализ причин перехода к институту независимых операторов..... | 24 |
| 1.5. Результаты перехода к рыночным принципам управления парком вагонов... | 27 |
| 1.6. Анализ зависимости эксплуатационных показателей использования собственных полувагонов от размеров управляемого парка..... | 37 |
| 1.7. Общий принцип управления парком грузовых вагонов при их подводе под погрузку..... | 44 |
| 1.8. Выводы по главе 1 | 49 |
| ГЛАВА 2. ПОИСК РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЗАЯВОК НА ПЕРЕВОЗКУ ПОРОЖНИМИ ВАГОНАМИ С УЧЁТОМ ИНТЕРЕСОВ ГРУЗОВЛАДЕЛЬЦЕВ | 52 |
| 2.1. Проблемы взаимодействия участников перевозочного процесса на железнодорожном транспорте | 52 |
| 2.2. Современные тенденции развития операторского бизнеса | 57 |
| 2.3. Зарубежный опыт управления парком вагонов | 59 |
| 2.4. Логистические принципы взаимодействия операторов и грузовладельцев | 63 |
| 2.5. Случайные факторы процесса обеспечения погрузки | 64 |
| 2.6. Основные задачи процесса подвода порожних вагонов под погрузку, имеющие фактор неопределённости | 71 |
| 2.7. Возможные подходы снижения рисков от случайных факторов при управлении парком вагонов | 77 |

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ ВАГОНОПОТОКА НА УДЕЛЬНУЮ ВЕЛИЧИНУ НЕПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ | 82 |
| 3.1. Влияние мощности корреспонденции вагонопотока на рациональное количество вагонов в резерве..... | 82 |
| 3.2. Влияние раздробленности парка вагонов по принадлежности на их простой в страховом резерве | 92 |
| 3.3. Выводы по главе 3..... | 93 |
| ГЛАВА 4. МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННЫМИ ПАРКАМИ В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ..... | 95 |
| 4.1. Планирование показателей работы парка собственных вагонов в условиях наличия неопределенности | 95 |
| 4.2. Преимущества консолидированного управления парком вагонов..... | 99 |
| 4.3. Нормирование работы парка вагонов оператора с учётом фактора неопределённости..... | 101 |
| 4.4. Предварительная оценка эффективности консолидации парка вагонов..... | 104 |
| 4.5. Технология виртуальной сортировки порожних вагонов..... | 107 |
| 4.6. Выводы по главе 4..... | 115 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 116 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 119 |
| Приложение 1 | 132 |
| Приложение 2 | 135 |
| Приложение 3 | 139 |
| Приложение 4 | 147 |
| Приложение 5 | 148 |
| Приложение 6 | 139 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Экономика России и её экономический рост имеют тесную связь с качеством работы железнодорожного транспорта. Проводимые в стране рыночные экономические реформы повысили требования к качеству и стоимости транспортных услуг [1,2]. Изменились и критерии оценки эффективности работы железнодорожного комплекса.

Система управления железнодорожным транспортом перешла от плановой экономики, при которой необходимо было выполнить заданный объём перевозок с минимальными затратами, к рыночной, где появилась конкуренция за перевозки между компаниями–операторами, а эффективность работы операторских компаний и перевозчика стала оцениваться, главным образом, размером полученной прибыли. В таких условиях появились дополнительные требования к технологии перевозочного процесса, связанные с наличием множества операторских компаний на рынке железнодорожных перевозок, реализацией принципов клиентоориентированности, наличием максимального перечня предоставляемых услуг.

В современных рыночных условиях повышение конкурентоспособности – одна из важнейших задач, стоящих перед железнодорожным транспортом. Для этого необходимо повышать качество транспортной продукции и сокращать стоимость оказываемых услуг.

Многими учёными и производственниками железнодорожного транспорта отмечено существенное снижение эксплуатационных показателей использования грузовых вагонов при переходе от балансового метода управления к рыночному, когда ОАО «РЖД» перестало быть собственником подвижного состава.

Существующая система тарификации пользования вагоном привязана к времени его использования, поэтому увеличение времени гружёного рейса вагона и его возврата в порожнем состоянии оплачивается клиентом железнодорожного транспорта, что приводит к снижению конкурентоспособности ОАО «РЖД» из-за увеличения стоимости перевозки в целом.

Кроме того, из-за перевозки собственных порожних вагонов по полным перевозочным документам, возникают дополнительные расходы у ОАО «РЖД», связанные с увеличением объема сортировочной и маневровой работы, замедлением пропуска вагонопотоков и поездопотоков.

Одним из результатов реализации новых принципов управления парком вагонов стало формирование рынка операторских услуг, при котором размер парка грузовых вагонов и стоимость их использования стали регулироваться спросом и предложением. До 2014 года наблюдалась тенденция увеличения профицита парка вагонов на сети ОАО «РЖД», после чего началось его сокращение при одновременном увеличении ставки использования вагонов. Например, по данным Института проблем естественных монополий (ИПЕМ), суточная ставка пользования полувагоном за период с 2014 года по 2018 год выросла более чем в 3 раза (рисунок В.1).

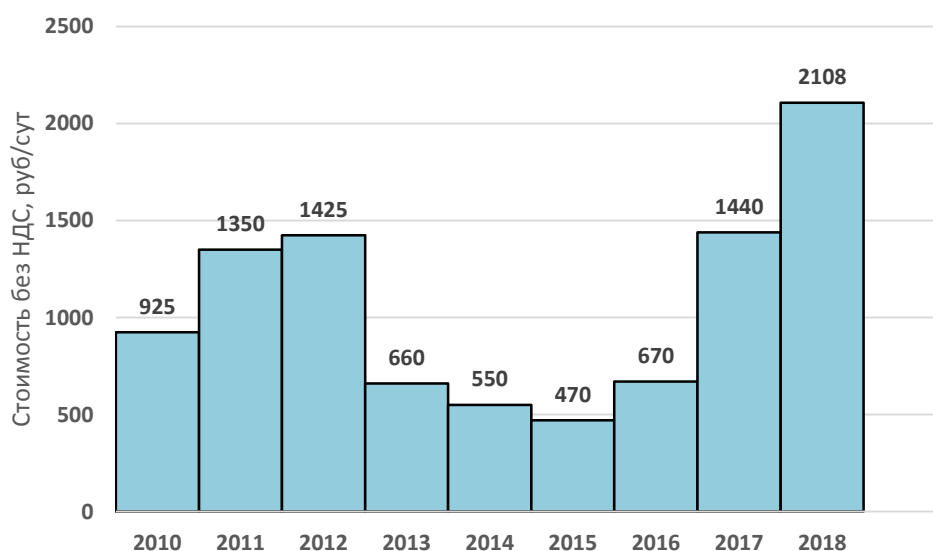


Рисунок В.1 – Средние рыночные ставки пользования полувагоном за период с 2010 по 2018 гг.

Резкое увеличение стоимости пользования грузовым вагоном связано с сокращением профицита парка вагонов на сети ОАО «РЖД». Если в 2014 г., по оценкам разных экспертов, профицит составлял от 100 до 300 тыс. вагонов, то в 2018 г. – не более 40 тыс.

После сокращения парка вагонов на сети ОАО «РЖД» в 2015 и 2016 гг. возобновилась тенденция к его увеличению, что создаёт риски снижения эксплуатационных показателей. По итогам 2014 года, когда наблюдался профицит парка вагонов на сети ОАО «РЖД», было проведено сетевое совещание по данной проблеме у первого заместителя начальника Центральной дирекции управления движением [3]. В протоколе которого было отмечено, что грузовые вагоны на сети ОАО «РЖД» используются неэффективно. Так, на инфраструктуре общего пользования парк вагонов, не участвующий в перевозочном процессе, составил 340 тыс., из которых 215 тыс. являлось вагонами рабочего парка. При этом без каких-либо операций более 10 суток простаивало 218 тыс. вагонов.

Согласно годовым отчётам ОАО «РЖД» за 2014 – 2016 гг., снижение эффективности использования подвижного состава рассматривается как один из рисков деятельности компании, поскольку инфраструктура ОАО «РЖД» не рассчитана на наличие избыточного парка грузовых вагонов, а существующая система тарификации пользования вагоном привязана к времени его использования. Поэтому увеличение оборота подвижного состава оплачивается клиентом железнодорожного транспорта, что приводит к снижению конкурентоспособности ОАО «РЖД» из-за увеличения стоимости перевозки в целом.

В целях повышения производительности и эффективности использования вагонов в существующих рыночных условиях ОАО «РЖД» предпринимало ряд попыток по консолидации парка вагонов разных операторов. Однако управление парком вагонов без учёта рыночных условий приводило к отрицательным финансовым результатам.

Со стороны операторов подвижного состава также есть попытки повышения эффективности использования вагонов. Так, в 2011 г. рядом крупнейших операторов в целях сокращения оборота вагонов на Кузбасском регионе, а также сортировочной и маневровой работы при обеспечении погрузки было принято решение о совместном обезличенном использовании вагонов. При этом обеспечение погрузки на станциях региона происходило без учёта принадлежности

вагонов. Данная технология позволила достигнуть поставленных целей, но при этом был ограничен рынок операторских услуг в регионе.

Учитывая приведённые факты, можно сделать вывод о том, что рынок железнодорожных перевозок испытывает необходимость в повышении эффективности использования вагонов, в том числе за счёт совершенствования технологии управления. При этом мотивацией для совершенствования данной технологии должно стать повышение доходности от использования вагонов, а для ОАО «РЖД» – оптимизация маневровой и сортировочной работы с порожними вагонами, повышение стабильности и ритмичности работы объектов инфраструктуры, а также освобождение их от избыточного подвижного состава [4]. В данном процессе заинтересованы и грузовладельцы, т.к. это позволит сократить долю транспортной составляющей в конечной стоимости продукции и повысить их конкурентоспособность.

Степень разработанности темы исследования. Проблеме эффективного управления парком вагонов учёными–транспортниками всегда уделялось большое внимание, поскольку в этом заложен значительный потенциал повышения эффективности эксплуатационной работы железнодорожного транспорта.

Вопросы повышения эффективности технологии эксплуатационной работы и управления грузовыми вагонами рассматривались в научных трудах таких известных учёных, как В.М. Акулиничев, А.Э. Александров, А.В. Анненков, В.И. Апатцев, А.Ф. Бородин, И.П. Владимирская, С.Ю. Елисеев, Ю.И. Ефименко, П.А. Козлов, Н.А. Коваленко, С.Н. Корнилов, В.А. Кудрявцев, В.М. Николашин, А.Т. Осминин, В.А. Персианов, В.В. Повороженко, А.Н. Рахмангулов, С.М. Резер, И.Б. Сотников, Е.А. Сотников, С.В. Трофимов, А.К. Угрюмов, В.А. Шаров, К.П. Шенфельд и ряда других.

Выбор темы обусловлен тем, что в настоящее время наблюдается ряд проблем в части взаимодействия перевозчика, оператора и грузовладельца, что приводит к нерациональному использованию грузовых вагонов, в том числе их существенному простоя в местах погрузки, наличию встречных пробегов порожних вагонов одного типа.

В то же время, из-за перевозки порожних вагонов по полным перевозочным документам, перевозчик вынужден перерабатывать в транзитном и местном сообщениях порожние вагоны одного типа в соответствии с их станциями назначения и получателями, что приводит к дополнительным расходам на эти операции и увеличению времени на доставку.

Цели и задачи диссертационного исследования. Целью настоящего исследования является разработка методики планирования времени рейса порожнего вагона при его направлении на станцию погрузки в условиях присутствия множества компаний–операторов на рынке грузовых железнодорожных перевозок, а также разработка технологических решений, направленных на совершенствование управления порожними вагонами. Для достижения данной цели потребовалось решить следующие задачи:

- выявить технологические операции, входящие в порожний рейс вагона, при выполнении которых имеются существенные резервы сокращения их продолжительности в зависимости от размеров управляемого парка;
- исследовать стохастичность времени порожнего рейса и выполнить параметризацию опытных данных;
- разработать методику планирования времени порожнего рейса с учётом его стохастичности и мощности порожнего вагонопотока в адрес станции погрузки;
- сформулировать предложения по управлению рисками, возникающими при подводе порожних вагонов под погрузку из-за стохастичности времени порожнего рейса при нормировании эксплуатационных показателей использования парка вагонов;
- сформулировать технологические решения, реализация которых позволит сократить издержки, связанные с подводом порожних вагонов под погрузку.

Объектом исследования является существующая система управления парком вагонов в условиях присутствия множества операторов на рынке железнодорожных перевозок.

Предметом исследования являются формы и методы эффективного управления парком вагонов в рыночных условиях с учётом интересов его собственников.

Для решения задачи используются методы математической статистики, стохастического программирования, дискретной оптимизации, математического моделирования, научные методы сбора и обработки статистических данных, современные научные достижения в части общих принципов и методов управления рисками.

Научная новизна исследования:

1. Сформулированы факторы, оказывающие влияние на эксплуатационные показатели использования грузовых вагонов с учётом их принадлежности;

2. Разработана методика нормирования показателей использования парка грузовых вагонов, которая позволяет определять рациональное планируемое время порожнего рейса при направлении вагонов под погрузку, при котором достигается минимум непроизводительных расходов. Учитываются следующие факторы:

- стохастичность времени порожнего рейса;
- технологические особенности отправителя;
- мощность и структура порожнего вагонопотока в адрес отправителя;

3. Установлены статистические и аналитические зависимости, в которых взаимоувязаны эксплуатационные показатели использования грузовых вагонов, случайные факторы и риски процесса подвода порожних вагонов на станции погрузки, размер страхового резерва вагонов и мощность порожнего вагонопотока;

4. Разработаны технологические и методические предложения, реализация которых позволит улучшить эксплуатационные показатели использования грузовых вагонов, сократить расходы, связанные с организацией пропуска порожних вагонопотоков, в том числе, за счёт реализации технологии виртуальной сортировки порожних вагонов.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в том, что появляются новые методы планирования порожних рейсов вагонов и технологические решения, позволяющие совершенствовать

процесс пропуска и переработки порожних вагонопотоков в существующих условиях.

Применение полученных результатов позволяет операторам подвижного состава ускорить оборот грузового вагона, ОАО «РЖД» – сократить расходы, связанные с перемещением порожних вагонов, разгрузить инфраструктуру от избыточного парка грузовых вагонов и повысить свою конкурентоспособность при сокращении стоимости железнодорожной перевозки за счёт сокращения времени использования собственных вагонов грузовладельцами.

Методология и методы исследования. Для решения задачи используются методы математической статистики, математического моделирования, научные методы сбора и обработки статистических данных, современные достижения в части общих принципов и методов управления рисками.

Положения, выносимые на защиту.

1. Зависимости эксплуатационных показателей использования вагонов от их количества под управлением оператора;
2. Исследования стохастичности времени прибытия порожних вагонов на станцию назначения;
3. Методика определения рационального времени порожнего рейса в условиях неопределённости с учётом мощности порожнего вагонопотока в адрес грузоотправителя;
4. Зависимость рационального размера страхового запаса вагонов в местах погрузки от мощности вагонопотока;
5. Предложения по управлению рисками, возникающими при подводе порожних вагонов под погрузку из-за стохастичности времени порожнего рейса при нормировании эксплуатационных показателей использования парка вагонов;
6. Предложения по совершенствованию технологии управления вагонными парками.

Достоверность и обоснованность результатов исследования подтверждается обоснованным применением апробированных теорий и методов

исследований. Полученные результаты не противоречат исследованиям других авторов и подтверждаются результатами внедрения.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались на научно–практических конференциях «50 лет БАМу» (Москва, МГУПС, 2014 г.), «Научно–техническое и социально–экономическое сотрудничество стран АТР в XXI веке» (Хабаровск, ДВГУПС, 2015 г.), научных семинарах кафедр «Эксплуатация железных дорог», «Управление эксплуатационной работой и безопасностью движения» Российского университета транспорта (Москва, 2015-2019 гг.), на технических совещаниях ОАО «РЖД» и АО «НИИАС».

Внедрение результатов исследования. Осуществлено внедрение представленных разработок в ОАО «ПГК» в бизнес–процессах нормирования и планирования работы парка вагонов, что позволило ускорить оборот вагонов, подтвердить теоретические положения выполненной работы и получить существенный экономический эффект.

Перспективы внедрения разработанной технологии виртуальной сортировки вагонов рассмотрены в ОАО «РЖД» установленным порядком. Планируется включение данной работы в план работ на 2020 и последующие годы.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс факультета «Управление процессами перевозок», на кафедре «Эксплуатация железных дорог» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» по дисциплинам «Управление эксплуатационной работой», «Технология управления движением на дорожном и сетевом уровнях», при разработке выпускных квалификационных работ для студентов специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог», направления подготовки бакалавриата 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

Публикации. Основные положения диссертационной работы и научные результаты опубликованы в 11 печатных работах (из них 9 в соавторстве), в том числе 8 печатных работ опубликованы в изданиях, входящих в «Перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, которые соответствуют перечню рецензируемых изданий для опубликования научных результатов диссертации на соискание

учёной степени по специальности 05.22.08 «Управление процессами перевозок», 2 работы в материалах Всероссийских научно-практической конференциях.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объём диссертации составляет 149 машинописных страниц, основной текст изложен на 131 странице, содержит 5 таблиц и 36 рисунков. Список литературы включает 114 наименований.

В первой главе проведён анализ исследований в области управления парком грузовых вагонов, организации процесса подвода порожних вагонов под погрузку. Рассмотрен процесс реформирования железнодорожного транспорта в части организации грузовых перевозок. Представлены основные причины передачи управления грузовыми вагонами независимым операторам. Выполнен анализ зависимости эксплуатационных показателей использования грузовых вагонов от их количества в управлении одного оператора. Установлено, что для рациональной организации порожних вагонопотоков необходимо учитывать риски раннего и позднего прибытия вагонов на станции назначения, возникающие из-за стохастичности времени рейса порожнего вагона. В настоящее время риски несвоевременного подвода под погрузку часто компенсируются наличием порожних вагонов в местах погрузки, что приводит к их простоям.

Во второй главе рассмотрены проблемы взаимодействия участников перевозочного процесса на железнодорожном транспорте, представлены подходы к управлению грузовыми вагонами в Европе и Северной Америке и сравнение подвижного состава крупнейших собственников России и Северной Америки. Предложены методы планирования порожних рейсов вагонов в условиях их направления под погрузку по полным перевозочным документам, а также рассмотрены возможные подходы для совершенствования данного процесса.

В третьей главе показано влияние случайности значения времени рейса порожнего вагона на их наличие в местах погрузки. Разработана методика оценки сокращения времени рейса порожнего вагона при увеличении количества прибывающих на станцию отправок порожних вагонов. Представлены зависимости влияния раздробленности парка вагонов по операторам на их простоях в местах погрузки.

В четвертой главе предложены методические рекомендации нормирования показателей работы парка грузовых вагонов с учётом фактора неопределённости, включая нормирование простоя вагонов на станциях погрузки. Предложено использовать гибкую привязку порожних вагонов к станциям назначения, что позволит получить существенный экономический эффект за счёт сокращения расходов, связанных с их перемещением и переработкой.

В приложении 1 приведено сравнение преимуществ и недостатков централизованной и рыночной систем управления парком грузовых вагонов. В приложении 2 представлены технические сведения о работе железных дорог Северной Америки. В приложении 3 приводится пример расчёта по разработанной методике. В приложениях с 4 по 6 приведены документы, подтверждающие внедрение результатов исследования.

Личный вклад автора в проведённое исследование. Научные результаты, представленные в диссертации по вопросам анализа и исследований эксплуатационных показателей, разработки методики и технологических мероприятий совершенствования управления вагонными парками, получены совместно с Апатцевым В.И., Биленко Г.М., Елисеевым С.Ю., Сотниковым Е.А. Результаты исследований изложены в работах [80-81, 97-99, 104-105, 107, 113-114]. В указанных опубликованных работах личный вклад автора составляет не менее 50%.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в выборе направления исследования, анализе отечественной и зарубежной научной литературы по теме диссертации, постановке конкретных задач, сборе статистических данных, их обработке с описанием полученных результатов, разработке методики расчёта рационального времени порожнего рейса вагона в условиях неопределённости с учётом технологических особенностей грузовладельцев и поиске технологических решений, направленных на сокращение расходов, связанных с пропуском и переработкой порожних вагонов и повышение их эксплуатационных показателей.

Автор лично участвовал во всех этапах апробации и практической реализации результатов научных исследований, представленных в диссертации, осуществлял обработку и интерпретацию полученных экспериментальных данных.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ И ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПАРКОМ ВАГОНОВ

1.1 История развития технологии управления парком вагонов

С момента образования железных дорог по настоящее время технология управления парком вагонов находится в состоянии непрерывного совершенствования [5,6,7].

До 1868 г. парк вагонов был прикреплен к железным дорогам, а их курсирование ограничивалось границами своей дороги. Передача грузов по междорожным стыкам осуществлялась путём перегрузки в вагоны соседних дорог, что приводило к задержке вагонов, грузов и дополнительным расходам.

В 1868 г. было принято соглашение между некоторыми дорогами, по которому вагоны могли следовать через стыковые пункты. Это позволило исключить перегрузку при передаче грузов на другую дорогу, но при этом вагоны подлежали срочному возврату на свою дорогу после выгрузки.

В 1889 г. было введено обезличенное использование для основных типов вагонов. По междорожным стыкам вагоны передавались по принципу равночисленного обмена по каждому роду. Срочный возврат сохранился только для специальных вагонов.

При такой системе не было возможности передислокации парка вагонов для обеспечения погрузки в периоды сезонного увеличения, даже если эти вагоны простаивали без работы на других дорогах. С целью использования таких вагонов при обеспечении погрузки массовых грузов в 1906 г. были созданы комитеты, которые имели трехуровневую структуру: сетевой, региональный, районный. Баланс между дорогами поддерживался путём учёта и дальнейшего погашения «вагонных долгов» между дорогами.

Правила регулировки вагонов между дорогами постепенно совершенствовались. В 1916 г. стали устанавливать нормы парка вагонов для

каждой дороги в зависимости от объёмов работы, при этом сохранялся принцип равночисленного обмена по стыкам.

С 1931 г. принцип равночисленного обмена вагонов по стыкам был отменен. Передача порожних вагонов стала производиться по специальным нарядам.

В 1934 г. вместе с созданием Народного комиссариата путей сообщения была централизована система планирования и управления перевозками.

С 1939 г. регулирование вагонных парков стало осуществляться на основе единого развёрнутого плана перевозок грузов по дорогам отправления и назначения, а с 1943 г. стали разрабатываться регулировочные планы передачи порожних вагонов по всем стыковым пунктам дорог.

В дальнейшем, до создания рынка железнодорожных перевозок, происходило совершенствование технологии и структуры регулирования обезличенными вагонными парками.

1.2 Анализ исследований в области управления парком вагонов

Проблеме эффективного управления парком вагонов учёными–транспортниками всегда уделялось большое внимание, поскольку в этом заложен значительный потенциал повышения эффективности эксплуатационной работы железнодорожного транспорта.

Совершенствованию технологии управления железнодорожными перевозками посвящены работы [7,8,9]. Отмечено, что дальнейшее её развитие должно обеспечивать повышение качества транспортного обслуживания путём предоставления дополнительных услуг.

Проблеме поиска оптимальных технических параметров перевозочного процесса на железнодорожном транспорте, выбора рациональных стратегий организации перевозок грузов посвящены работы [10 – 15].

Решению задач оперативного регулирования парка порожних вагонов, расчёта рациональных порожних вагонопотоков и потребных парков на полигонах сети посвящены работы [16 – 22].

До середины XIX века вопросам неравномерности железнодорожных перевозок не уделялось должного внимания. Дальнейшее увеличение грузонапряжённости железных дорог и, как следствие, необходимость поиска резервов в использовании технических средств транспорта потребовали обстоятельного исследования данной проблемы.

Авторами работ [23 – 25] проведён ряд исследований неравномерности эксплуатационной работы железных дорог и её влияния на качество эксплуатационной работы. Были предложены способы снижения данного влияния на эффективность работы железнодорожного транспорта.

Также была выполнена классификация основных причин возникновения неравномерности [24] с выделением экономических, организационных и климатических причин. В условиях рыночной экономики влияние экономических причин существенно увеличилось.

После появления на рынке операторских услуг независимых компаний проблема эффективного управления вагонными парками вышла на качественно новый уровень. Появились новые цели, возможности и проблемы, связанные с рыночными факторами, подробно рассмотренные в [26].

Совершенствованию плана формирования грузовых поездов в современных условиях посвящены работы [27,28].

Разработана методика оценки конкурентоспособности компании–оператора [29], модель возможностей увеличения объёмов перевозок. Предложено ввести интегральный показатель устойчивости транспортной компании. Рассмотрены возможные стратегии развития компании–оператора с учётом ресурсного обеспечения.

В [30] проведены исследования факторов образования операторского бизнеса. Разработаны принципы эффективного использования ресурсной базы компаний–операторов.

Работа [31] посвящена вопросам конкуренции на рынке операторских услуг. Предложена сегментация рынка услуг на железнодорожном транспорте с последующей их продажей с помощью механизма биржевых торгов.

В [32] предложены принципы определения рационального баланса между эффектом конкуренции, растущей при увеличении количества операторов, и эффектом консолидированного управления вагонным парком, для достижения которого необходимо укрупнение компаний. В то же время в [33] предложены принципы определения оптимального размера и структуры парка вагонов компании–оператора.

Вопросам повышения эффективности использования собственного подвижного состава посвящены работы [34 – 36].

Авторами работ [37 – 43] было доказано, что без рационального взаимодействия железнодорожного транспорта с путями необщего пользования решение задачи эффективного управления парком вагонов невозможно.

В трудах зарубежных учёных также рассмотрены проблемы эффективности работы транспортных систем [44,45,46]. Отмечено, что основная задача таких систем – «содействие созданию потребительской стоимости с наименьшими издержками». При этом считается необходимой координация следующих видов деятельности:

- формирование логистической инфраструктуры;
- информационный обмен;
- транспортировка;
- управление запасами;
- складское хозяйство, грузопереработка и упаковка.

Проблема определения оптимальных транспортных потоков с учётом ритмов производства и потребления продукции, а также случайных факторов, рассмотрена в работах [47 – 50]. Предложено компенсировать неравномерность и стохастичность процессов в системе за счёт формирования динамических резервов вагонов. Разработаны методики расчёта рационального размера динамических резервов в транспортно–складской системе.

Доказано, что при линейно возрастающих функциях затрат, связанных с ранним или поздним прибытием вагонов под погрузку, минимально ожидаемый размер непроизводительных расходов достигается при следующем соотношении:

$$p_0 = \frac{C_2}{C_1 + C_2} \quad (1.1)$$

где p_0 – вероятность обеспечения погрузки, при которой достигается минимум непроизводительных расходов;

C_1 – единичный ущерб от недопоставки вагонов (руб/сут);

C_2 – единичные затраты на дополнительное хранение груза (руб/сут).

Выделены 4 вида динамических резервов грузовых вагонов и предложены способы их оптимизации [51]. Предложены методы оптимального управления работой вагонов разных собственников [52].

В [53] отмечено, что на стыке железнодорожного транспорта с грузовладельцами и другими видами транспорта возникают значительные непроизводительные затраты, связанные с простоем транспортных средств и увеличением запаса сырья и готовой продукции на складах предприятий. При этом в развитых странах аналогичные затраты в несколько раз меньше за счёт гибкого взаимодействия всех участников логистической цепочки.

Согласно исследованиям [54], 85–95% общей продолжительности логистической цепочки товародвижения составляют операции простоя в ожидании обработки, транспортировки и других операций. Предложены методы сокращения различных видов простоев.

Достаточно глубоко проблема интеграции транспортных и производственных процессов рассмотрена в исследованиях теории запасов [55,56, 57]. Дана классификация материальных запасов. Сложный и многоаспектный характер является причиной их двойственной природы. Эта двойственность проявляется в том, что запасы, с одной стороны, играют положительную роль, а с другой стороны – носят отрицательный характер непосредственно в производственно-коммерческой деятельности субъектов интегрированного рынка.

Положительная роль запасов заключается в том, что они обеспечивают непрерывность и надёжность функционирования производства и торговли. Негативный характер запасов проявляется в том, что в них иммобилизуются (омертвляются) значительные материальные и финансовые ресурсы.

Отмечено, что сокращение объёмов запасов сырья и готовой продукции позволяет повысить рентабельность производства. В связи с этим, существует общее правило логистики запасов: для успешной производственно-коммерческой деятельности предприятие–товаропроизводитель должно работать с минимальным по величине производственным запасом. Классическое решение данной задачи описывается известной формулой Уилсона при расчёте оптимального размера партии поставки $V_{\text{опт}}$:

$$V_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2dm}{h}} \quad (1.2)$$

где d – стоимость выполнения поставки (заказа) (руб);

m – годовая потребность предприятия в данной продукции (тонн в год);

h – издержки содержания запаса (руб / тонн в год).

Математические исследования транспортных потоков объединены под общим названием «исследование операций». В данной области предложены различные методы решения оптимизационных задач, используемых, в том числе, и на железнодорожном транспорте [58 – 61].

Анализ данных трудов показывает сложность и многогранность проблемы управления парком вагонов. При этом основной задачей управления должно быть не эффективное использования парка вагонов, а содействие созданию потребительской (конечной) стоимости продукции или услуг с наименьшими издержками. Наибольшие резервы для сокращения транспортных издержек предприятий заложены в стыковых операциях с грузовладельцем и между различными видами транспорта. Существующий процесс реформирования железнодорожной отрасли создаёт предпосылки для создания гибкой клиентоориентированной модели управления, при которой будет возможным построение логистических цепочек с наименьшими издержками.

1.3. Этапы создания рынка железнодорожных перевозок

Начиная с 1993 года, наблюдалось отставание объёмов перевозок от объёмов производства основных видов товаров, перевозимых железнодорожным транспортом [62]. Одна из основных причин – недостаточное качество предоставляемых услуг, в том числе неудовлетворённость грузовладельцев состоянием подвижного состава в техническом и коммерческом отношениях. Также следует отметить низкую ориентированность железнодорожного транспорта на потребности клиентов при выполнении перевозок грузов.

Неудовлетворённость работой железнодорожного транспорта нарастала с каждым годом не только в среде потребителей транспортной продукции и отдельных независимых экспертов, но и у специалистов и руководителей железных дорог. Так, по словам А.А. Зайцева [63]: «Каждое нижестоящее звено стремилось защитить, отстоять, "забить в план" как можно более высокие расходы, как можно менее напряжённые количественные и качественные показатели с тем, чтобы гарантированно, с минимальным напряжением их выполнять».

Первый шаг в создании рынка железнодорожных перевозок был сделан указом президента РФ от 28.04.1997 г. № 426 [64]. Перед МПС РФ была поставлена задача стимулирования развития конкуренции в различных сегментах рынка транспортных услуг, в том числе за счёт:

- создания условий для равного доступа к инфраструктуре и ремонтной базе железнодорожного транспорта различных владельцев подвижного состава (вагонов), имеющих соответствующие лицензии;
- введение нового порядка государственного регулирования тарифов на перевозки грузов;
- создание конкурентной среды на рынке фрахта железнодорожных перевозок;
- совершенствование действующей системы тарифов на перевозки грузов железнодорожным транспортом с учётом развития прогрессивных методов перевозок и улучшения качества транспортного обслуживания потребителей.

Уже в конце 1997 г. появилась первая операторская компания ООО «Линк Ойл Спб», перевозившая нефтепродукты на экспорт (см. [63]).

В середине 90-х годов XX в. заинтересованность в реформах на железнодорожном транспорте проявляли в первую очередь грузоотправители, несущие финансовые потери из-за неудовлетворённости в железнодорожных перевозках. В конце десятилетия, ощущая острый дефицит инвестиций в железнодорожную инфраструктуру и подвижной состав, МПС РФ активно включилось в процесс реформирования.

27 мая 1998 г. на Всероссийском тарифном съезде-конференции потребителей услуг и работников железных дорог Н.Е. Аксёненко впервые объявил о создании частных операторских компаний – владельцев подвижного состава. В начале 2001 г. МПС РФ был разработан и принят проект Положения о порядке создания компаний–операторов на федеральном железнодорожном транспорте. В марте 2001 г. были выданы свидетельства операторов первым 15 компаниям.

В том же году вышло постановление правительства РФ от 18.05.2001г. № 384 о 3–х этапной структурной реформе железнодорожного транспорта:

- первый этап (2001 – 2002 гг.);
- второй этап (2003 – 2005 гг.);
- третий этап (2006 – 2010 гг.).

На каждом из этапов были предусмотрены меры по формированию и развитию рынка грузовых перевозок на железнодорожном транспорте, в том числе:

- развитие конкурентного сектора в сфере железнодорожных перевозок, в том числе, создание грузовых компаний–операторов, владеющих собственным подвижным составом;
- создание условий для недискриминационного доступа к инфраструктуре железнодорожного транспорта пользователей услуг, оказываемых на железнодорожном транспорте;
- осуществление мероприятий по обеспечению взаимного доступа организаций федерального железнодорожного транспорта и организаций,

владеющих инфраструктурой железнодорожного транспорта, к инфраструктурам железнодорожного транспорта друг друга;

- формирование в рамках открытого акционерного общества "Российские железные дороги" самостоятельных структурных подразделений для осуществления отдельных специализированных грузовых перевозок;
- создание условий для повышения уровня конкуренции в сфере грузовых перевозок;
- переход к свободному ценообразованию в конкурентных секторах;
- создание условий для приобретения компаниями–операторами магистральных локомотивов;
- проработку организационно-правовых механизмов и последствий создания дочерних акционерных обществ открытого акционерного общества "Российские железные дороги", осуществляющих грузовые перевозки.

На завершающей стадии реформы предполагался переход не менее 60 процентов парка грузовых вагонов в частную собственность.

В целях обеспечения стабильной и ритмичной подачи вагонов крупный промышленный бизнес, основу которого составляют экспортоориентированные предприятия, стал решать её собственными силами, создавая кэптивные операторские компании. Ведущие нефтяные, металлургические, химические корпорации активно занялись формированием собственного парка вагонов.

Развитию операторских компаний также способствовал рост дефицита парка вагонов на фоне роста промышленного производства и количества грузов, предъявляемых к перевозке.

Постановлением правительства РФ от 18 сентября 2003 года № 585 было учреждено ОАО «РЖД». Создание компании стало итогом первого этапа реформирования железнодорожной отрасли.

После учреждения ОАО «РЖД» начался процесс выделения различных направлений деятельности компании в дочерние зависимые общества (ДЗО), включая причастные к оперированию парком вагонов. Были созданы ОАО

«Трансконтейнер», ОАО «ПГК», ОАО «Русагротранс», ОАО «ВГК» и другие компании.

В 2006–2008 гг. федеральная антимонопольная служба отмечала, что выделение дочерних обществ из состава ОАО «РЖД» сопровождается повышением стоимости перевозок грузов на 20 – 25 % по сравнению с аналогичной перевозкой в инвентарном вагоне. Это было связано, в первую очередь, с дефицитом подвижного состава на рынке железнодорожных перевозок, из-за чего рыночные ставки за вагон часто превышали вагонную составляющую по прейскуранту 10-01.

В период до 2008 года была ситуация, когда грузоотправители были вынуждены искать вагоны для перевозок своих грузов, а не наоборот. Такая ситуация спровоцировала рост парка вагонов, принадлежащий независимым компаниям-операторам (рисунок 1.1). Следует отметить, что рост частного парка вагонов осуществлялся, главным образом, за счёт покупки новых вагонов.

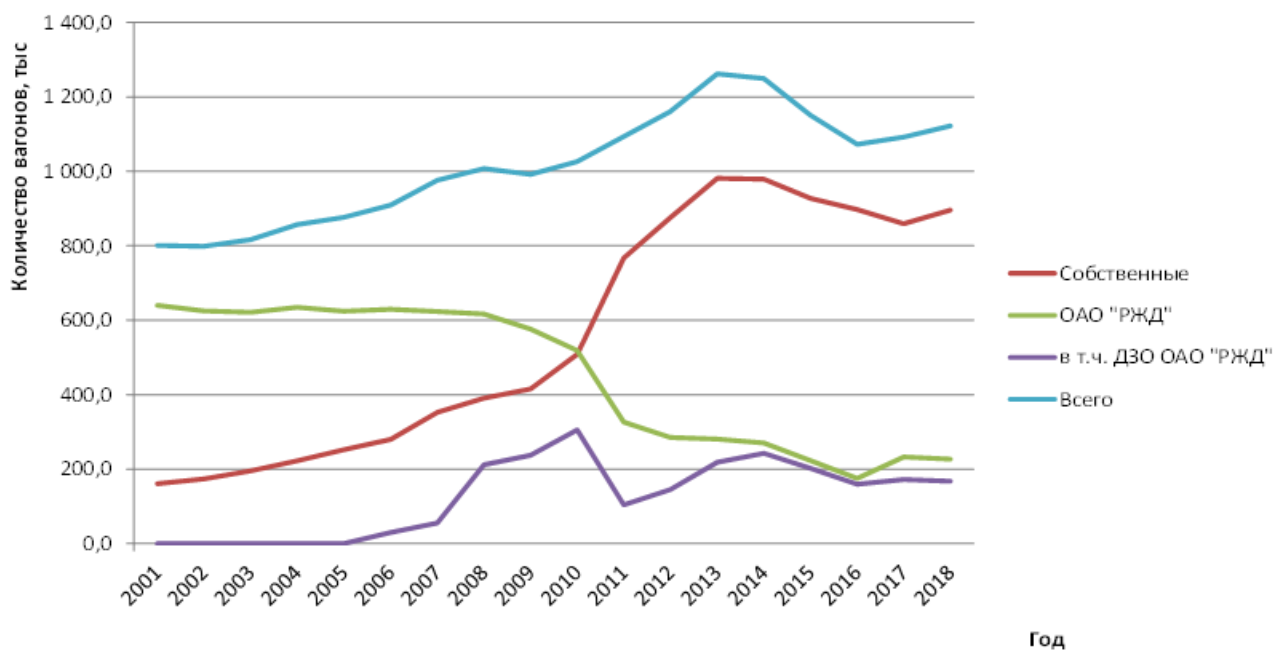


Рисунок 1.1 – Динамика изменения размера парка вагонов по принадлежности

В 2011 году после продажи 75% акций ОАО «ПГК» парк вагонов, принадлежащий независимым операторам, составил более 767 тыс., или 70% от

общего парка. В том же году произошло насыщение рынка железнодорожных перевозок по всем основным видам подвижного состава, что привело к обострению конкуренции между операторами. Отправители перестали испытывать дефицит подвижного состава, а ставки за вагон (дерегулированная вагонная составляющая прейскуранта 10-01) начали постепенно снижаться.

В 2013 году был упразднён парк вагонов, взятых в аренду ОАО «РЖД» у других операторов, включая ДЗО ОАО «РЖД». С этого момента ОАО «РЖД» перестало обеспечивать отправителей подвижным составом, передав эту роль операторам, т.е. коммерческие перевозки по тарифу инвентарного парка вагонов прекратились. Вагоны, принадлежащие ДЗО ОАО «РЖД», управлялись по тем же принципам, что и у независимых операторов. Остаток инвентарного парка вагонов использовался исключительно для хозяйственных нужд ОАО «РЖД».

Таким образом, можно сделать вывод, что к 2013 году окончательно сформировался рынок железнодорожных перевозок в части предоставления подвижного состава. И его дальнейшее развитие возможно за счёт расширения перечня предоставляемых услуг и качества управления парком вагонов в условиях его принадлежности множеству операторов.

1.4. Анализ причин перехода к институту независимых операторов

Необходимость реформирования структуры управления железнодорожным транспортом (реструктуризации) вызвана совокупностью инвестиционных, мотивационных причин и законодательными противоречиями в работе отрасли. Существенным фактором необходимости структурных реформ на железнодорожном транспорте явилась общегосударственная стратегия в области управления естественными монополиями.

В качестве целей структурной реформы железнодорожного транспорта Правительством РФ определены:

- повышение устойчивости работы железнодорожного транспорта, его доступности, безопасности и качества предоставляемых им услуг для

обеспечения единого экономического пространства страны и общенационального экономического развития;

- формирование единой гармоничной транспортной системы страны;
- снижение совокупных народнохозяйственных затрат на перевозки грузов железнодорожным транспортом;
- удовлетворение растущего спроса на грузовые перевозки.

Начиная с IV квартала 1998 г., в стране восстанавливается платёжеспособный спрос на перевозки, проявляется их устойчивая тенденция к росту. В то же время, предприятия железнодорожного транспорта испытывали острый дефицит инвестиционных средств – около 50–60 миллиардов рублей в год. Степень износа основных фондов составляла от 40 до 70 процентов, а уровень износа парка грузовых вагонов в 1999 г. составил 59% [65].

Без ускоренного обновления основных производственных фондов железные дороги стали бы фактором, лимитирующим экономическое развитие страны. Для выхода из ситуации требовалось многократное увеличение инвестиций, которое было возможно только за счёт привлечения сторонних средств. При этом государственная форма собственности (в т.ч. на грузовые вагоны) не способствовала привлечению частных инвестиций.

С другой стороны, рынок железнодорожных перевозок, несмотря на относительно высокие показатели качества эксплуатационной работы, отличался крайне низким качеством транспортной продукции. Так, эксплуатационные показатели работы железнодорожного транспорта в России были одними из лучших в мире, но при этом, с нарушением сроков доставки грузов в период 80–90-х гг. доставлялось от 20 до 40% отправок. К примеру, в США таких отправок не более 1-2% (см. [28]).

Грузоотправителей, как правило, интересует только качество предоставляемых услуг и их стоимость. А в системе управления парком инвентарных вагонов стимулов для улучшения качества транспортной продукции не было.

Таким образом, можно выделить следующие ключевые аргументы в пользу создания и увеличения парка частных грузовых вагонов в рамках реформы железнодорожного транспорта:

- привлечение частных инвестиций для обновления парка грузовых вагонов;
- удовлетворение спроса потребителей транспортной продукции за счёт создания компаний–операторов, ориентированных на потребности грузоотправителей.

Следует отметить, что ряд учёных–транспортников и руководителей ОАО «РЖД» отмечали системные риски для перевозочного процесса, которые создаются с ростом доли частного подвижного состава [67,68,69]:

- потеря управляемости порожним рейсом грузового вагона;
- нерациональное использование инфраструктуры и тяговых ресурсов из-за роста доли порожнего пробега и её приближения к уровню в 50%;
- массовое встречное перемещение порожних потоков однотипного и взаимозаменяемого подвижного состава, снижающее и без того ограниченные пропускные и провозные способности;
- занятие инфраструктуры простаивающими в ожидании высокодоходной работы порожними вагонами при отсутствии у ОАО «РЖД» права на перемещение препятствующего перевозочному процессу частного подвижного состава;
- меньшая, по сравнению с инвентарным парком, эффективность работы частного подвижного состава. В условиях восстановления роста объёмов перевозок это приводит к дополнительной потребности от 100 и более тысяч грузовых вагонов, увеличивая загрузку инфраструктуры вагонным парком;
- перегрузка сортировочных мощностей из-за массовой переработки следующих по полным грузовым документам одиночных порожних частных вагонов;

Все перечисленные риски могут привести как к потерям, связанным с нерациональным использованием подвижного состава и объектов инфраструктуры, так и к недополученной прибыли из-за дефицита ресурсов, возникающего по причине их нерационального использования.

В результате создаются предпосылки для несвоевременного обеспечения грузоотправителей подвижным составом и нарушения сроков доставки грузов при отсутствии установленной законом ответственности оператора за этот процесс.

Под понятием «риск» понимается вероятность финансовых потерь или вероятность сокращения прибыли при оказании услуг перевозок железнодорожным транспортом. Ожидаемые потери будут равны вероятности события риска на размер ущерба, а суммарная стоимость всех рисков составит:

$$C_{\text{риск}} = \sum_{i=1}^n (p_i c_i) \quad (1.3)$$

где p_i – вероятность возникновения события i -го риска;

c_i – размер расходов или сокращение прибыли из-за возникновения i -го риска.

Так, компании–операторы не имеют возможности влиять на выполнение сроков доставки грузов, а в совокупной стоимости перевозок рынок устанавливает только вагонную составляющую прейскуранта 10-01.

Исследования модели деятельности локальных перевозчиков на железнодорожном транспорте показывают необходимость совершенствования нормативно-правовой базы грузовых перевозок и установления потребности в инвестициях для развития инфраструктуры железных дорог [7, 68, 69, 70].

1.5. Результаты перехода к рыночным принципам управления парком вагонов

Исходной (дореформенной) системой управления обращением грузовых вагонов на железнодорожном транспорте была система централизованного управления ими МПС РФ, а затем ОАО «РЖД». Управление грузовыми вагонами

осуществлялось балансовым методом, при котором МПС РФ (затем ОАО «РЖД»), главным образом, стремилось улучшать эксплуатационные показатели работы железных дорог.

В процессе реформирования системы управления грузовыми вагонами, происходила целенаправленная замена инвентарного парка вагонов на вагоны операторских компаний.

Управление инвентарными порожними вагонами основывается на совершенно иных принципах, так как инвентарный порожний вагон является обезличенным, не имеющим конкретной станции назначения. Он может быть использован перевозчиком как погрузочный ресурс в любом месте сети и под любой допустимый груз. Эти характеристики определяют универсальность вагонов инвентарного парка и позволяют оптимальным образом динамически решать транспортную задачу эффективного обеспечения потребности в погрузочных ресурсах имеющимся парком инвентарных вагонов. Направление порожних инвентарных вагонов к местам погрузки производится от мест избытка к местам недостатка, с учётом минимизации порожнего пробега.

При переходе всего вагонного парка в категорию «приватный» изменения в организации перевозочного процесса затрагивают, в основном, блок вопросов, связанных с организацией перемещения порожних вагонов [71] (рисунок 1.2).

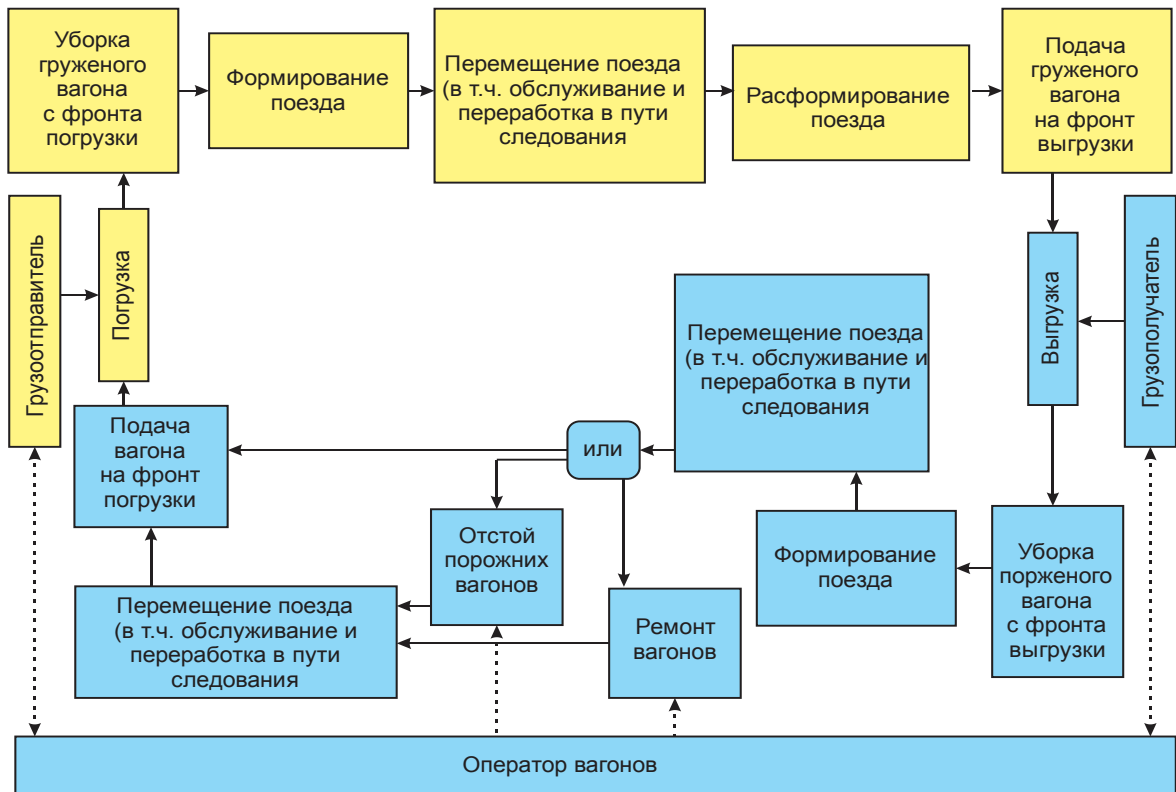


Рисунок 1.2 – Влияние оператора подвижного состава на организацию работы парка вагонов

Таким образом, централизованная система управления вагонопотоками на сети железных дорог РФ была заменена автономными технологиями транспортных компаний по управлению собственными вагонами (рисунок 1.3). К 2013 году количество таких компаний составило более 1,5 тысяч.

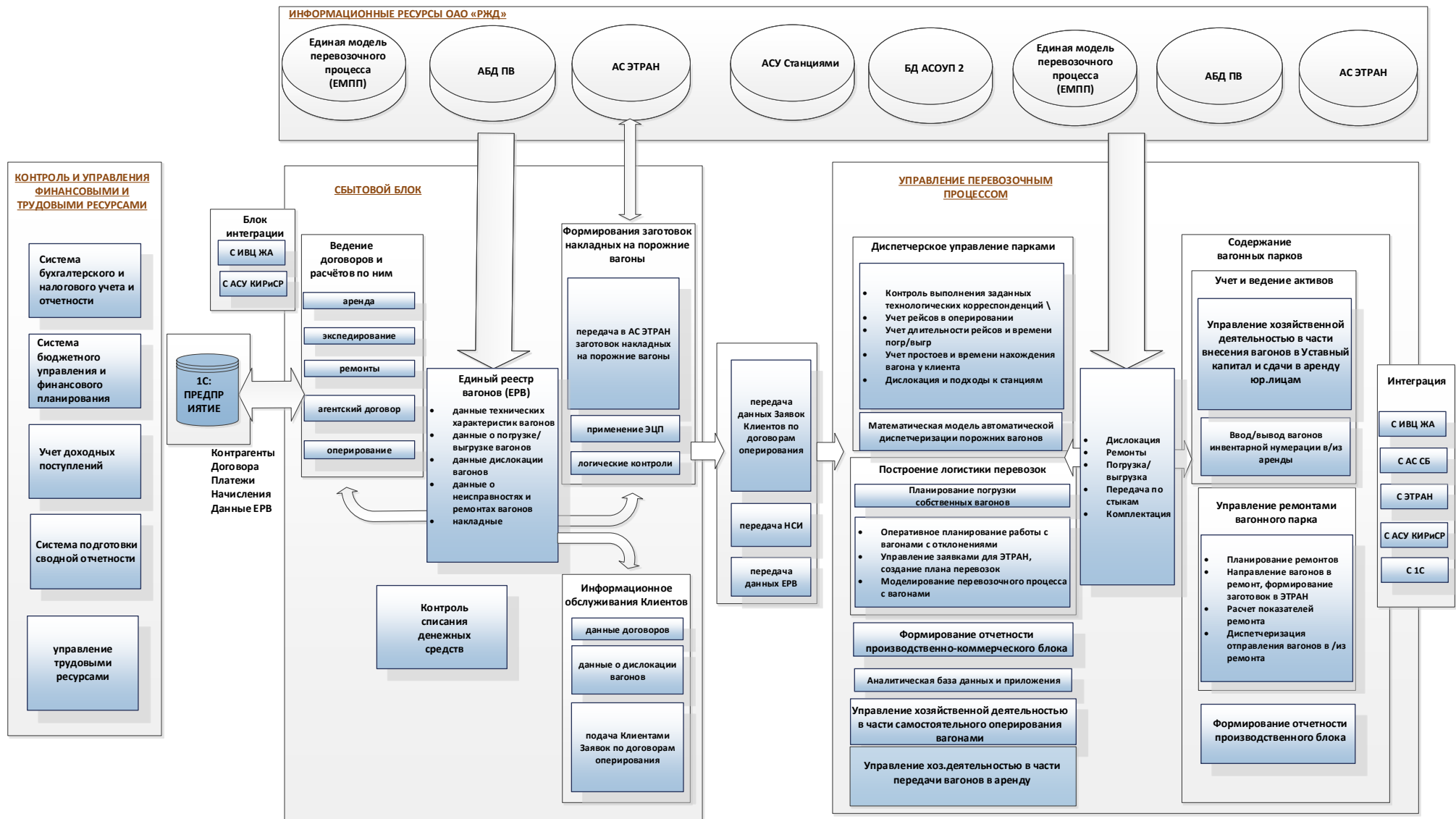


Рисунок 1.3 – Информационная схема бизнес-процессов операторской компании

На основе анализа структуры вагонных парков, деятельности компаний–операторов и опыта работы Европейских железных дорог можно выделить основные типы операторских компаний (рисунок 1.4):

- сетевые интеграторы – доля рынка 50-95%, диверсификация по типам отправок и продуктам, де-факто обеспечение общесетевого доступа для всех клиентов, обеспечение повагонных отправок, в т.ч. за счёт повагонных маршрутов, перевозок опасных грузов и международных перевозок. Примеры – Railion, SNCF, ÖBB;
- нишевые компании – доля рынка 0,01-5%, концентрация на маршрутных отправлениях, ограниченном количестве видов грузов, регионах, кластерах отгрузки (например, портах), управление локальными направлениями железных дорог, обеспечение интегрированных транспортных решений для компаний на долгосрочной основе (напр., R4C для BASF), примеры – HGK, ERSR-s, R4C;
- мелкие компании – не попадают под определение «оператор подвижного состава», т.к. управляемый парк вагонов менее 1 тыс.

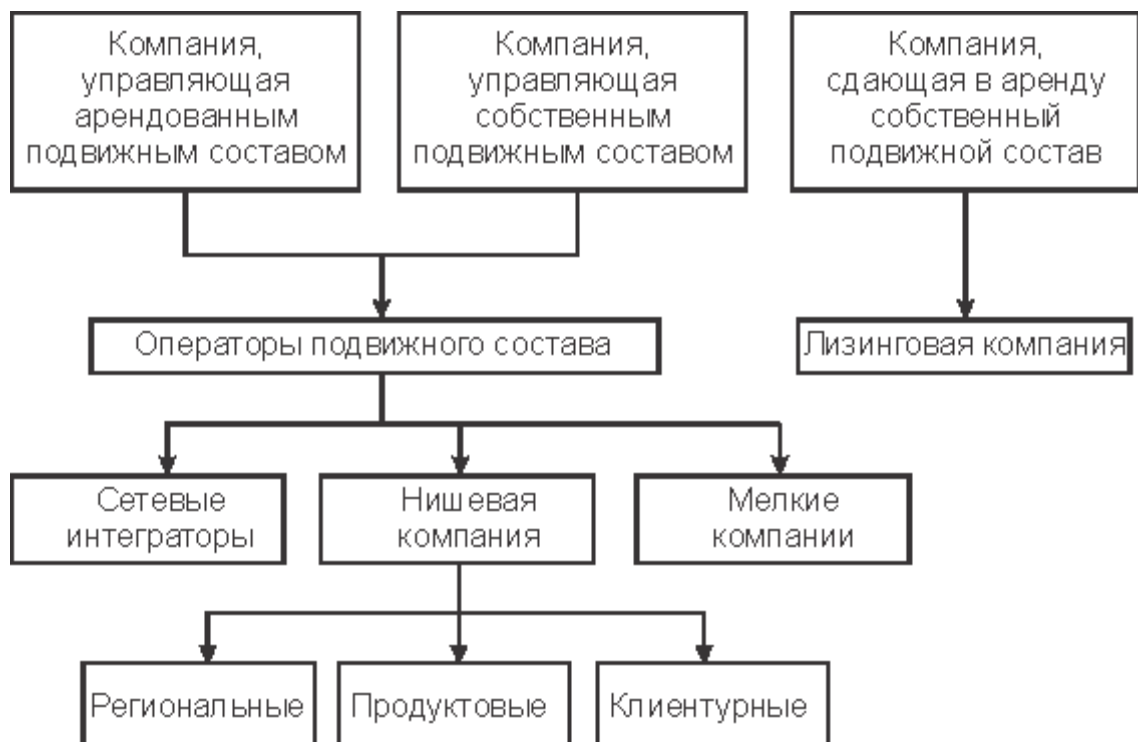


Рисунок 1.4 – Основные типы операторских компаний

Также существуют и более детализированные классификации компаний–операторов, основанные на разнообразии условий их функционирования [72 и 73]:

- по характеру перевозки:
 - 1) общесетевой характер перевозки;
 - 2) технологические перевозки от производителя сырья к переработчику или от производителя готовой продукции к потребителю;
- по виду сообщения:
 - 1) перевозки по сети ОАО «РЖД» с выходом на зарубежные железные дороги;
 - 2) региональные перевозки в пределах одной дороги;
 - 3) перевозки грузов одного грузообразующего предприятия;
 - 4) перевозки грузов нескольких предприятий;
- по форме собственности:
 - 1) самостоятельное юридическое лицо, не входящее в состав грузообразующего предприятия;
 - 2) кэптивная компания, принадлежащая грузообразующему предприятию;
- по доходности:
 - 1) доходы формируются от тарифа;
 - 2) доходы формируются от цены реализации конечной продукции;
- по роду груза и виду подвижного состава:
 - 1) один вид подвижного состава, один род груза;
 - 2) один вид подвижного состава, различные роды груза;
 - 3) различные виды подвижного состава, один род груза;
 - 4) различные виды подвижного состава, различные рода грузов;
- по организации процесса перевозки груза:
 - 1) перевозка грузов поездным формированием, не принадлежащим перевозчику;

2) перевозка грузов поездным формированием, принадлежащим перевозчику;

Каждый собственник вагонов оптимизирует решение только своих локальных задач, не учитывая технические и технологические возможности инфраструктуры ОАО «РЖД» общего пользования. Как было отмечено рядом учёных в [74 – 77], это приводит к снижению пропускной и перерабатывающей способности объектов железнодорожной инфраструктуры.

В результате у публичного перевозчика при тех же мощностях значительно снижаются возможности освоения объёмов перевозок грузов. При этом формирование нормативно-правовых рычагов влияния на технологическую деятельность собственников подвижного состава отстаёт от структурных преобразований в отрасли.

В таких условиях первостепенное значение стали иметь финансовые результаты управления парком вагонов, а улучшение эксплуатационных показателей использования вагонов стало рассматриваться как один из инструментов увеличения прибыли. При таком подходе появились условия, когда увеличение времени определённых операций или их непроизводительный простой стали целесообразным (например, увеличение времени грузовых операций, т.к. каждые сутки пользования вагоном оплачиваются клиентом).

Различные цели привели к различию в видении сторонами совершенствования технологии управления парком вагонов (рисунок 1.5).

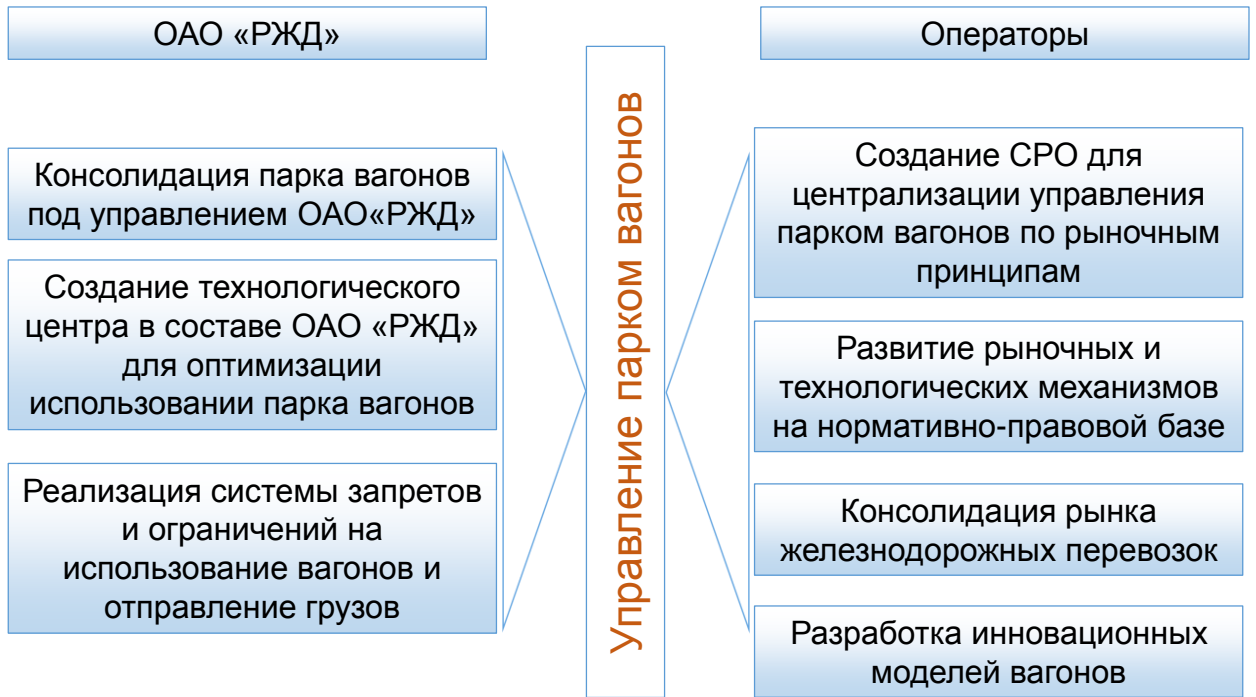


Рисунок 1.5 – Противоречия в предложениях повышения эффективности использования вагонов между ОАО «РЖД» и операторами

Сравнение основных преимуществ и недостатков централизованной и рыночной систем управления парком вагонов приведено в приложении 1.

Снижение эффективности использования вагонов увеличило их потребное количество, необходимое для обеспечения спроса на перевозки. К тому же большинство компаний стремилось увеличить свою долю на рынке. В результате формирование рынка перевозок привело к увеличению рабочего парка вагонов на 40% (с 800,7 тыс. в 2001 г. до 1 122,3 тыс. в 2018 г.) [78].

Можно выделить несколько основных причин такого роста парка вагонов:

- наличие дефицита по некоторым родам подвижного состава на момент начала реформ;
- замедление продвижения вагонопотоков из-за их формирования без учёта ограничений пропускной и перерабатывающей способности инфраструктуры, а также за счёт снижения показателей технической и отправительской маршрутизации, количества групповых отправок;

- оказание дополнительных услуг клиентам по использованию вагонов, что часто приводит к увеличению простоя вагонов на станциях погрузки и выгрузки;
- необходимость создания операторами существенных резервов порожних вагонов в местах погрузки из-за ограниченных возможностей по оперативному регулированию порожних вагонопотоков;
- несогласованность управления порожним парком вагонов между операторами подвижного состава;
- направление вагонов на наиболее выгодные станции технического обслуживания и ремонта, а не на ближайшие.

В условиях плановой экономики инфраструктура железных дорог создавалась без учёта возможности размещения дополнительного парка вагонов. Количество и длина станционных путей (приемоотправочных, сортировочных и др.) определялась исключительно технологическими потребностями, необходимыми для ритмичного выполнения заданного объёма работы.

Увеличение парка вагонов и изменение структуры вагонопотоков привело к дефициту пропускных и перерабатывающих способностей на существенном количестве объектов инфраструктуры железных дорог. Это, в свою очередь, привело к резкому замедлению пропуска и переработки вагонопотоков [76,77].

Особо следует отметить влияние технологического фактора на эффективность использования вагонов [78,79]. Операторы подвижного состава вынуждены отправлять порожние вагоны под погрузку напрямую со станций выгрузки, даже если время порожнего рейса значительно и не позволяет иметь точные сведения об объёмах и дате погрузки. В результате на момент прибытия вагона на станцию назначения и план, и заявка на погрузку могут существенно измениться. Такие изменения приводят к

непроизводительным простоям вагонов в ожидании погрузки, либо к повторным (непроизводительным) порожним рейсам на другую станцию.

Согласно [3], в местах погрузки непроизводительно простаивает около 320 тыс. вагонов, что составляет почти 1/4 от общего парка вагонов. Наличие избытка вагонов в местах погрузки также подтверждает и анализ элементов оборота вагонов для вагонов, находящихся под управлением операторов и ОАО «РЖД» (рисунок 1.6).

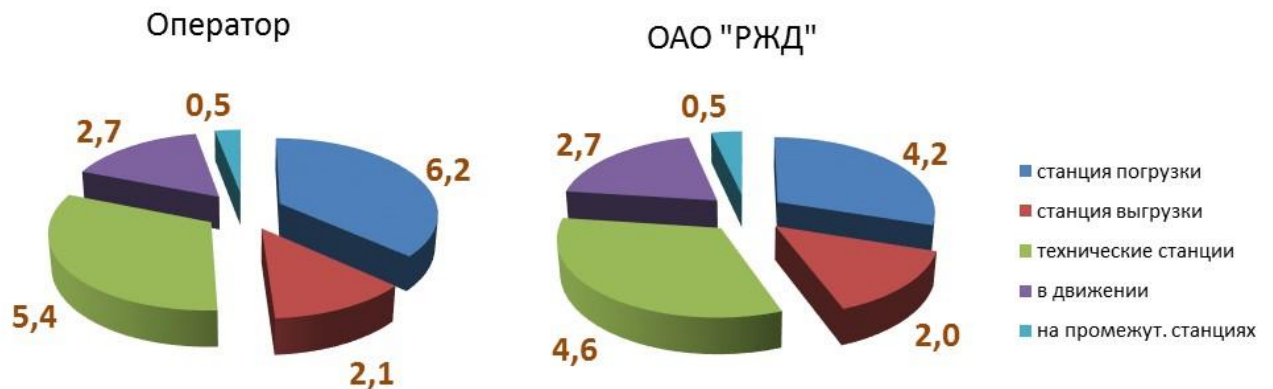


Рисунок 1.6 – Продолжительность элементов оборота вагонов в сутках под управлением операторов и ОАО «РЖД»

Наибольшую разницу имеет элемент оборота "Нахождение на станции погрузки". Для вагонов под управлением ОАО «РЖД» он почти в 1,5 раза меньше.

Таким образом, очевидно, что на сегодняшний день не преодолены риски для перевозочного процесса, связанные с увеличением количества операторов и доли собственного подвижного состава. Большая их часть, обозначенная экспертами до начала реформ, крайне актуальна и на сегодняшний день.

Замедление пропуска и переработки вагонов на путях общего пользования больше всего "бьёт" по интересам грузовладельцев, поскольку имеют место:

- увеличение общей стоимости перевозки из-за увеличенного времени пользования вагоном. При формировании стоимости услуг операторы ориентируются, прежде всего, на нормативную суточную стоимость пользования вагоном. Ускорение доставки вагонов позволило бы сократить количество суток пользования вагонов и, соответственно, общую стоимость перевозки.
- плохо предсказуемая дата передачи груза получателю. В такой ситуации грузовладелец вынужден увеличивать запасы сырья для гарантированного обеспечения производства, а возможности оптимизации использования выгрузочных мощностей сокращаются.

Данные факторы приводят к снижению рентабельности производства и к увеличению себестоимости продукции клиентов железнодорожного транспорта.

1.6. Анализ зависимости эксплуатационных показателей использования собственных полувагонов от размеров управляемого парка

С целью поиска резервов для совершенствования управления парком вагонов сделан сравнительный анализ основных эксплуатационных показателей использования полувагонов в зависимости от размеров управляемого парка у оператора за июнь 2014 и июнь 2018 г. Анализ производился на основе данных о рейсах полувагонов из ГВЦ ОАО «РЖД» по железнодорожным администрациям стран СНГ и Балтии.

Общий парк полувагонов операторов за период с 2014 по 2018 годы увеличился на 14 тыс. (с 594 тыс. в 2014 году до 608 тыс. в 2018). Если в 2014 году полувагонами управляли около 500 операторов подвижного состава, из которых только 118 имели парк более 100 вагонов, то в 2018 году осталось всего 380 операторов, из которых 100 имеют парк более 100 вагонов (рисунок 1.7).

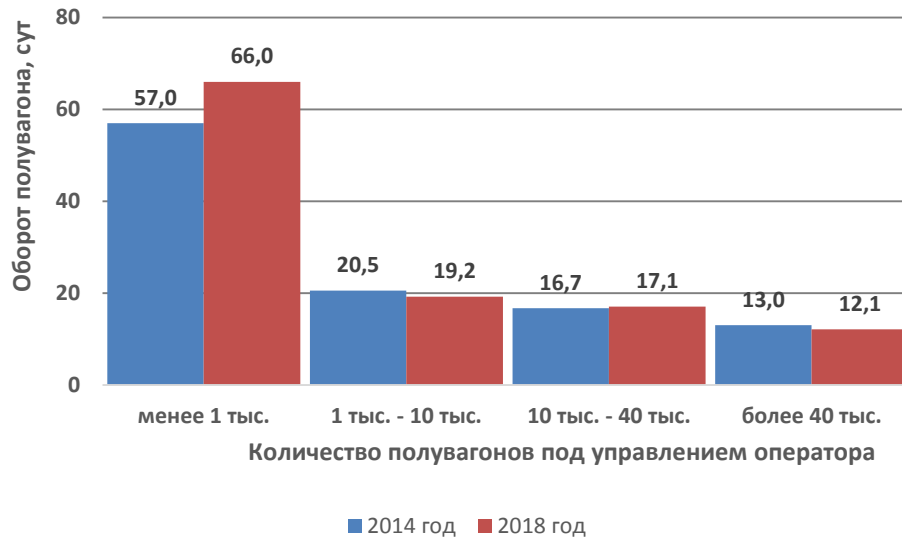


Рисунок 1.7 – Количество операторов по размеру парка полувагонов (без учёта компаний с управляемым парком менее 100 полувагонов)

При этом значительного изменения доли крупных и мелких операторов не наблюдается. Например, доля парка полувагонов, принадлежащая операторам, имеющим менее 10 тыс. полувагонов, осталась без изменения, и составляет 18%. Сокращение количества операторов объясняется процессом укрупнения компаний в период низких ставок на вагоны (рисунок 1.8).

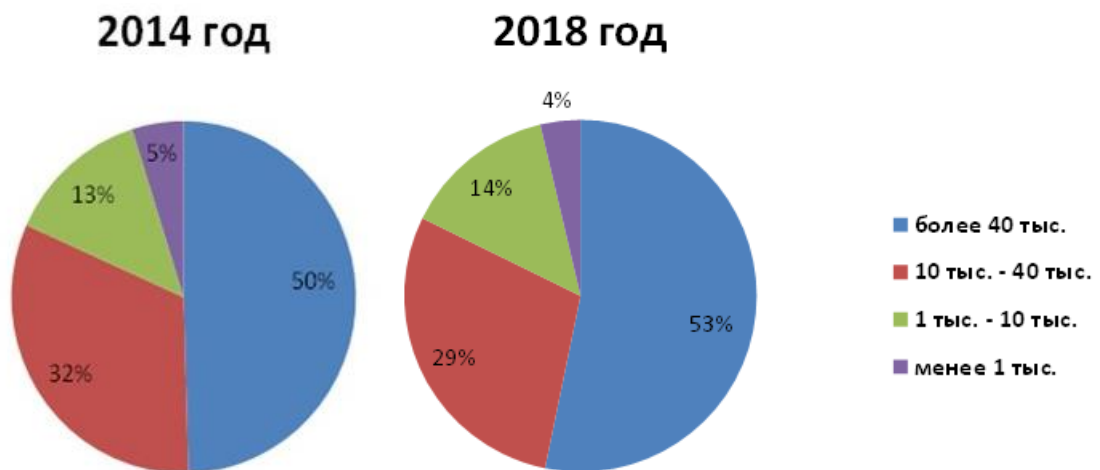


Рисунок 1.8 – Структура парка полувагонов по группам операторов в зависимости от размеров управляемого парка в 2014 и 2018 годах

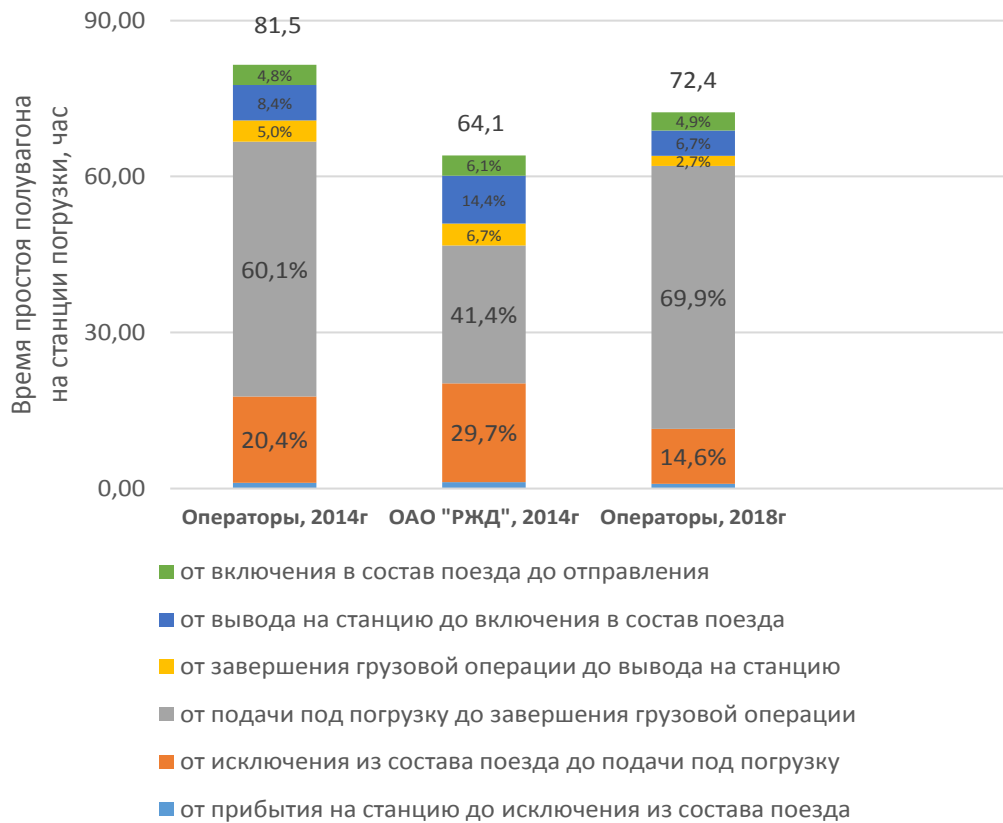


Рисунок 1.9 – Сравнение времени простоя местного полувагона на станции погрузки операторов и ОАО «РЖД»

Среднее значение оборота полувагона в 2018 году составило 16,6 суток, что меньше, чем в 2014 году, на 0,7 суток. Ускорение произошло за счёт сокращения времени их простоя на станциях погрузки на 7,3 часа (рисунок 1.9), а также ускорения доставки вагонов на станции назначения, и сокращения времени их простоя на станциях выгрузки.

При этом в разных группах операторов динамика изменения оборота различная (рисунок 1.10). Если в группе операторов, имеющих парк полувагонов от 10 до 40 тыс., увеличение времени оборота объясняется увеличением дальности гружёного и порожнего рейсов (рисунок 1.11), то у операторов, управляющих парком полувагонов менее 1 тыс., это говорит о снижении качества управления.

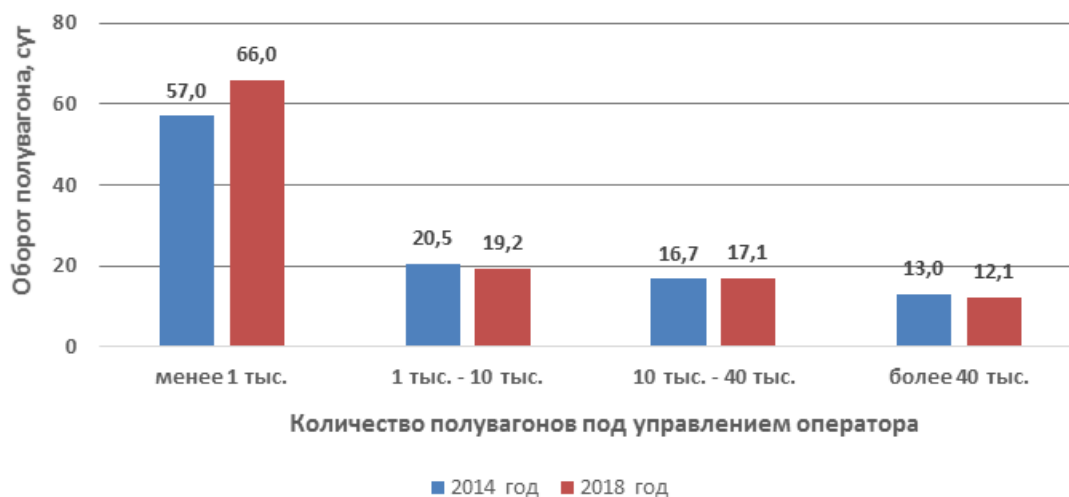


Рисунок 1.10 – Сравнение изменений оборота полувагонов в 2018 г. по сравнению с 2014 г. в зависимости от размеров управляемого парка

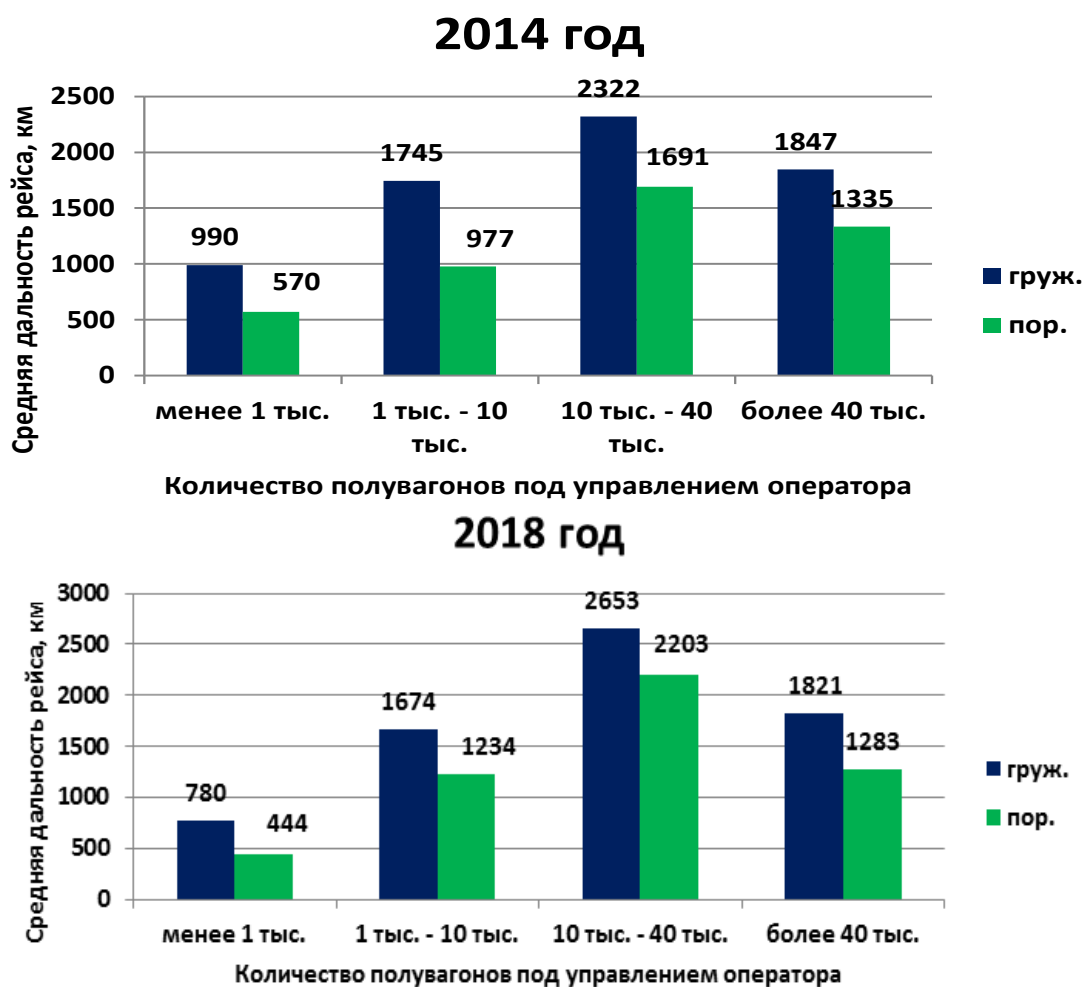


Рисунок 1.11 – Средняя дальность гружёного и порожнего рейсов полувагонов в 2014 и 2018 годах в зависимости от размеров управляемого парка

Значения коэффициента порожнего пробега увеличиваются при увеличении средней дальности рейса (рисунок 1.12).

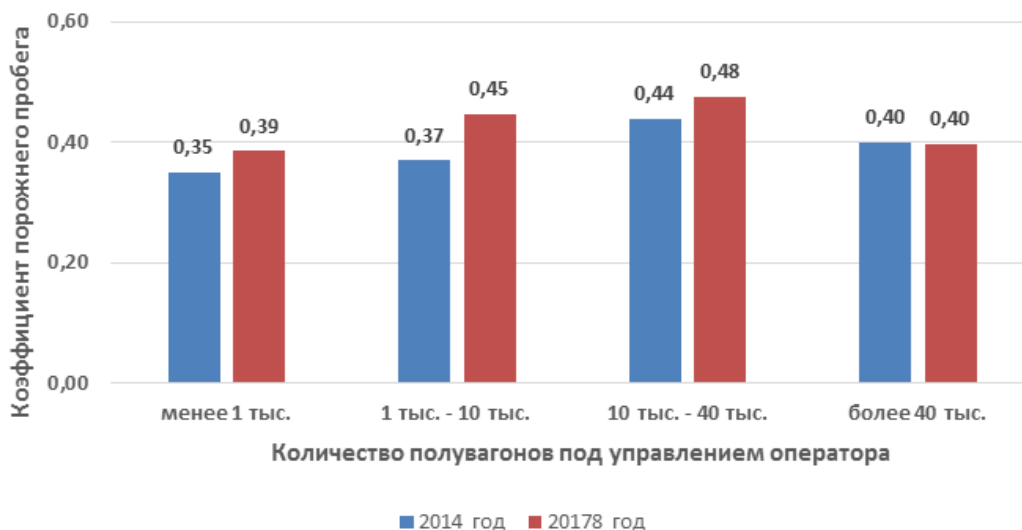


Рисунок 1.12 – Значения коэффициента порожнего пробега полувагонов в 2014 и 2018 годах в зависимости от размеров управляемого парка

В целом сохранилась тенденция, что чем больше управляемый парк полувагонов, тем интенсивнее он используется. Если условно заменить показатели операторов, имеющих парк полувагонов менее 10 тыс., показателями крупных операторов, то среднее значение общего оборота сократится, как минимум, на 1,5 суток. При этом появляется возможность сокращения общего количества полувагонов на сети ОАО «РЖД» на 50 тыс. Учитывая вышесказанное, можно предположить, что доля парка полувагонов под управлением операторов, имеющих в своём управлении парк менее 10 тыс., будет сокращаться естественным образом.

Также значительные резервы в повышении производительности использования полувагонов заложены в порожнем рейсе. Для всех категорий операторов средняя скорость продвижения у порожних вагонов меньше, чем у гружёных, на 30-40% (рисунки 1.13 и 1.14).

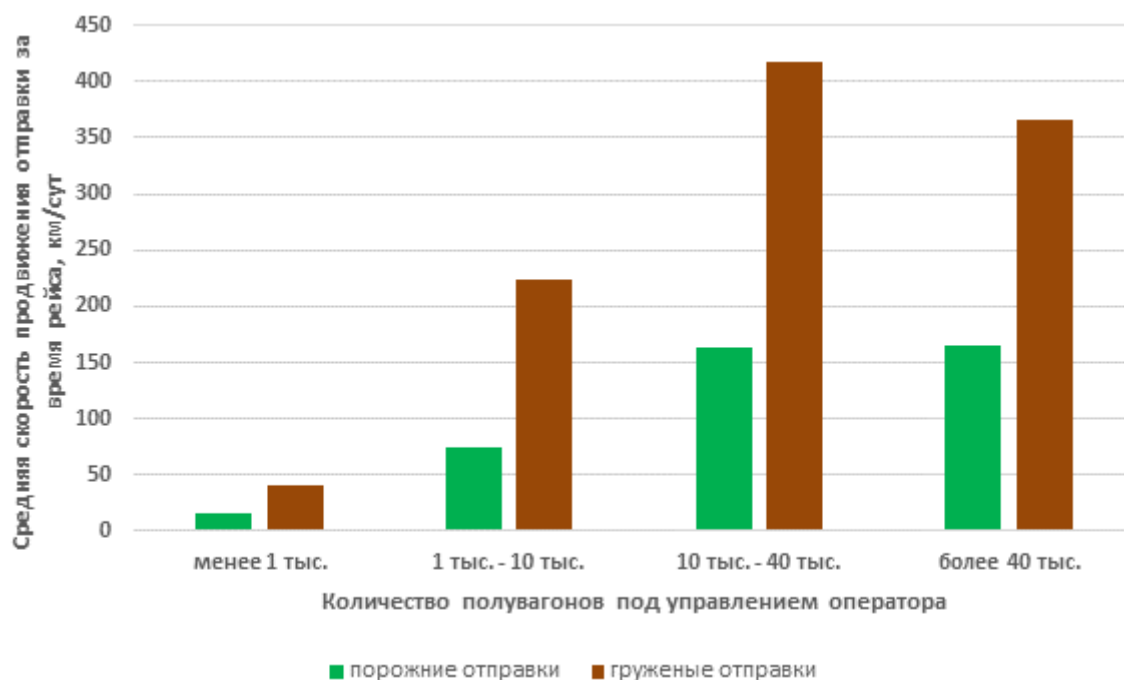


Рисунок 1.13 – Средняя скорость продвижения гружёных и порожних отправок за время рейса в 2014 году в зависимости от размеров управляемого парка

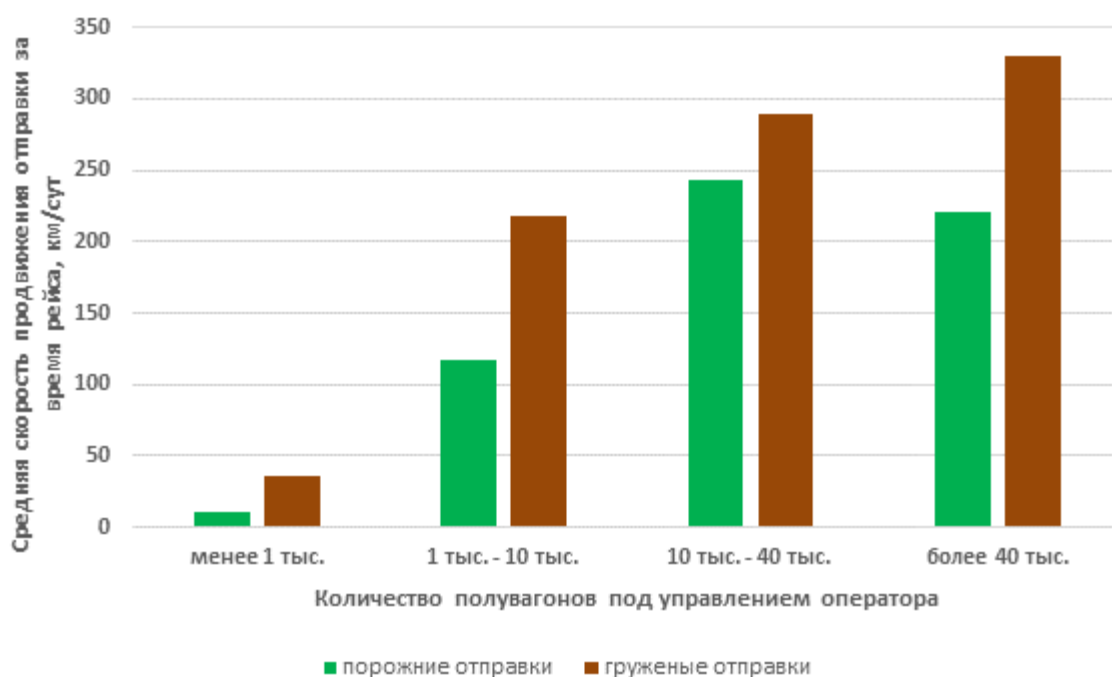


Рисунок 1.14 – Средняя скорость продвижения гружёных и порожних отправок за время рейса в 2018 году в зависимости от размеров управляемого парка

Во многом это объясняется наличием непроизводительных простоев. Например, средний простой порожнего вагона от прибытия до завершения погрузки составляет 62 часа (см. рисунок 1.9).

Если рассмотреть некие идеальные условия, при которых эксплуатационные показатели использования парка полувагонов у всех операторов подвижного состава были бы такими же, как у крупных (парк более 10 тыс.), и средняя скорость продвижения гружёных и порожних полувагонов была бы одинаковой, то сокращение среднего времени оборота всего парка составило бы как минимум 3 суток. Такое сокращение времени оборота полувагонов позволило бы сократить общий парк примерно на 100 тыс. вагонов без потери гарантированности обеспечения существующих объёмов перевозок. Рыночная стоимость использования высвобождаемого парка составляет от 50 до 80 млрд. рублей в год.

Отдельного рассмотрения требуют итоги анализа простоя местных полувагонов на станции погрузки (см. рисунок 1.9). Значение данного простоя за период с 2014 по 2018 гг. сократилось с 81,5 до 72,4 часа, однако более 80% данного времени (около 62 час.) приходится на простой от прибытия до завершения грузовой операции. По отдельным группам вагонов рассматриваемый элемент простоя составляет несколько суток и более при средней продолжительности всех технологических операций около 8 часов. Данный факт говорит о недостаточной корреляционной связи между временем прибытия порожних вагонов и возможностью выполнения погрузки у грузоотправителя.

По итогам анализа также можно сделать вывод, что эксплуатационные показатели использования вагонов на сети железных дорог существенно зависят от консолидированности парка и баланса его общего количества с грузовой базой [80,81].

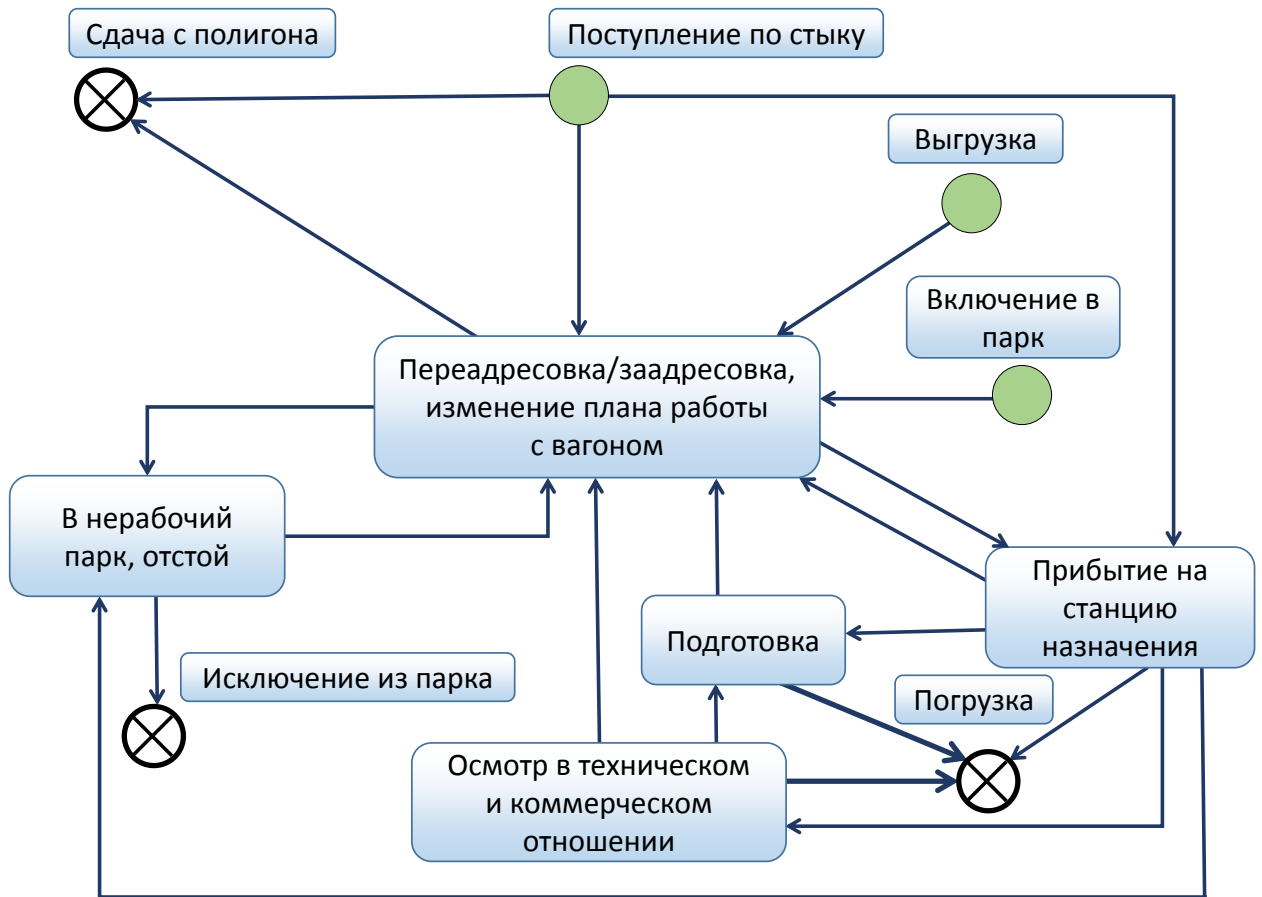
1.7. Общий принцип управления парком грузовых вагонов при их подводе под погрузку

Основные управляющие воздействия при управлении парком грузовых вагонов применяются при их нахождении в порожнем состоянии. При этом имеются пункты образования и погашения порожних вагонопотоков, а также перечень операций, связанный с данным процессом.

Парк порожних вагонов имеет следующие точки зарождения:

- вагоны, освобождаемые из-под выгрузки;
- вагоны, подводимые в порожнем состоянии с железнодорожных администраций других государств;
- вагоны, выходящие из ремонта и подготовки под погрузку;
- вагоны рабочего парка, не задействованные в плане текущих суток;
- вагоны, выходящие из нерабочего парка (в резерве, ремонте, консервации и т.д.).

Управление парком порожних вагонов – сложный технологический процесс, эффективность которого зависит от своевременности и адекватности принятия управляющих решений для объектов, находящихся в различных состояниях (рисунок 1.15).



Условные обозначения:

- – точки зарождения порожних вагонопотоков
- ⊗ – точки погашения порожних вагонопотоков

Рисунок 1.15. – Диаграмма состояний порожнего вагона

Можно выделить основные задачи процесса управления порожними вагонами:

- обеспечение погрузочными ресурсами плана перевозок;
- эффективное использование подвижного состава, инфраструктуры перевозчика, путей необщего пользования и грузовых фронтов.

При этом на эксплуатационные показатели работы порожнего парка вагонов влияют следующие подпроцессы:

- направление порожнего вагона под погрузку, в ремонт, на подготовку и в пункты отстоя;

- мониторинг и, по его результатам, корректировка оперативных планов подвода порожних вагонов к местам погрузки, ремонта, подготовки и отстоя;
- аренда вагонов и их сдача в аренду при наличии экономической целесообразности;
- контроль технического состояния вагонов и организация их текущих и внеплановых ремонтов;
- организации отстоя порожних частных вагонов, отправленных перевозчиком по условиям договора без согласия оператора, на станциях отстоя или приписки.

При управлении парком грузовых вагонов в зависимости от конъюнктуры рынка железнодорожных перевозок, состояния и загруженности объектов инфраструктуры ОАО «РЖД», внешних факторов могут решаться различные оптимизационные задачи. Это может быть максимизация прибыли, или максимизация производительности вагона, или рациональное использование железнодорожной инфраструктуры, и другие задачи. Соответственно, при поиске оптимального плана распределения порожних вагонов на станции погрузки в качестве критерия оптимальности могут быть приняты минимум суммы расходов на подвод вагонов под погрузку, минимум суммарного порожнего пробега, минимум суммы вагоно-часов и другие критерии в зависимости от текущей решаемой задачи.

Введём следующие обозначения:

a_i – образование и наличие вагонов на i -ой станции;

q_j – потребность вагонов на j -ой станции планируемой погрузки;

c_{ij} – стоимость перевозки вагона со станции i на j (в зависимости от критерия оптимизации в качестве стоимости может использоваться тариф на перевозку вагона, расстояние перевозки, время перевозки и т.д.) ;

x_{ij} – количество вагонов, перевозимых со станции i на j ;

Q – целевая функция затрат.

В математическом виде задача распределения порожних вагонов по станциям погрузки может быть записана следующим образом:

$$Q = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1.4)$$

При условии обеспечения потребности в необходимом количестве вагонов на j -ой станции планируемой погрузки:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = q_i \quad (1.5)$$

отправление вагонов с i -ой станции не должно превышать образование и наличие на ней порожних вагонов:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq a_i \quad (1.6)$$

Для каждой пары станций i, j требуется определить количество отправляемых вагонов x_{ij} , при которых достигается минимальное значение целевой функции.

Поиск оптимального плана обеспечения погрузки возможен, например, с помощью постановки и решения транспортной задачи [82]. Допустим, сеть железных дорог состоит из $P = \{p_1, p_2, \dots, p_N\}$ пунктов, соединённых направленными дугами (p_j, p_k) , $j \neq k$, $p_j \in P$. Интервал оптимизации транспортной системы составляет $[0, T]$.

Для каждого момента времени (суток) $t \in Z_0 = \{0; 1; 2; 3; \dots\}$ на множестве P пунктов сети имеется план погрузки и выгрузки v -ого рода вагонов $q_j^v(t)$. Каждая дуга (p_j, p_k) , характеризуется пропускной способностью $d_{jk} \geq 0$, $j \neq k$, которая ограничивает пропуск суммарного вагонопотока.

Математическое ожидание порожнего рейса на дуге (p_j, p_k) составляет значение t_{jk} , а норма времени оборота вагонов, используемых для перевозки v -ого вида груза, составляет значение Θ^v .

Количественные показатели работы парка вагонов нормируются таким образом, чтобы парк вагонов и план погрузки были сбалансированы между собой для каждого рода вагонов. При этом заданы ограничения на неотрицательность исходных значений плана погрузки, стоимости и времени перевозки, а также ограничения вместимости и пропускной способности объектов транспортной сети:

$$0 \leq q_j^v(t_0) \leq d_j^v \quad (1.7)$$

В практической реализации задачи обеспечения погрузки подвижным составом большую сложность представляет точное (совпадающее с фактическим значением) формирование плановых показателей, которые являются исходными данными для планирования порожних вагонопотоков:

- план погрузки для каждой станции $q_j^v(t)$;
- время порожнего рейса t_{jk} , а также стоимость перевозки между станциями сети c_{jk} , которая зависит не только от тарифа на перевозку, но и от времени порожнего рейса;
- образование и наличие вагонов на станции a_i .

На практике, как правило, все эти параметры рассматриваются как детерминированные, а в случаях их отклонения от плановых значений принимаются меры оперативного характера, или же корректируется сформированный план. При этом новые планы перевозок, как правило, формируются без учёта рисков возможных изменений заложенных в него показателей [71, 73, 83, 84].

Каждый оператор подвижного состава заинтересован в получении максимальной прибыли. С одной стороны, для этого необходимо увеличивать

объёмы перевозок, повышать качество транспортной продукции, сокращать издержки, в том числе, на содержание и эксплуатацию парка вагонов, а с другой стороны – максимально переложить риски (финансовую ответственность за задержку вагонов в ожидании грузовых операций или отказ от перевозки) на контрагентов.

Если от отправителя требовать заблаговременного точного планирования погрузки, а в случаях отклонения от плана – требовать штрафа за непроизводительный порожний рейс или простой вагонов в ожидании погрузки, то грузовладелец получает скрытую наценку к стоимости перевозок в виде логистических издержек. Иначе говоря, повышение производительности использования вагонов происходит за счёт дополнительных расходов, связанных с хранением товара, заморозки капитала в различные рода резервы и т.д.

Также нарушается принцип целостности и системности логистической цепочки от стадии обеспечения производства до стадии передачи готовой продукции покупателю, что ограничивает возможности её оптимизации в целом.

Исходя из этого можно сделать вывод, что для рациональной организации порожних вагонопотоков необходимо учитывать влияющие на данный процесс случайные факторы, а также совершенствовать технологию перевозочного процесса и взаимодействие всех участников перевозочного процесса с целью минимизации рисков неопределённости.

1.8. Выводы по главе 1

1. Выполнен анализ технологии управления парком грузовых вагонов и отмечены ключевые факторы в пользу создания рынка операторских услуг,

основные из которых – привлечение инвестиций для обновления подвижного состава и повышение клиентоориентированности.

2. Анализ эффективности использования грузовых вагонов показал, что отмеченные системные риски актуальны и на сегодняшний день, в том числе:

- замедление продвижения вагонопотоков из-за их формирования без учёта ограничений пропускной и перерабатывающей способности инфраструктуры, а также за счёт снижения показателей технической и отправительской маршрутизации, количества групповых отправок;
- оказание дополнительных услуг клиентам по использованию вагонов, что часто приводит к увеличению простоя вагонов на станциях погрузки и выгрузки;
- необходимость создания операторами существенных резервов порожних вагонов в местах погрузки из-за ограниченных возможностей по оперативному регулированию порожних вагонопотоков;
- несогласованность управления порожним парком вагонов между операторами подвижного состава.

Это приводит к ухудшению эксплуатационных показателей использования вагонов и к ускоренному росту количества последних (на 58%) по отношению к росту грузооборота (27%). Рыночная стоимость пользования дополнительным парком вагонов составляет от 42 до 60 млрд. рублей в год.

3. По итогам сравнительного анализа систем управления эксплуатационной работой железных дорог – централизованной, созданной в период СССР, и существующей рыночной, отмечены их основные преимущества и недостатки. При переходе всего вагонного парка в категорию «приватный» изменения в организации перевозочного процесса затрагивают, в основном, блок вопросов, связанных с организацией перемещения порожних вагонов, что привело к ухудшению эксплуатационных показателей их использования.

4. Сделан анализ качественных показателей использования парка полувагонов по всем операторам, который показывает, что чем больше управляемый парк, тем более эффективно используются полувагоны. При этом у всех категорий операторов средняя скорость продвижения порожних вагонов меньше, чем у гружёных, на величину от 30 до 110%, что показывает наличие значительных резервов в повышении эффективности их использования.

5. Выявлены и проанализированы основные технологические проблемы организации порожних вагонопотоков. Прежде всего, это существенное влияние случайных факторов, связанных со стохастичностью пропуска порожних вагонов и возможными корректировками плана погрузки в условиях многосуточного планирования, а также необходимость перерабатывать на технических и грузовых станциях однотипные порожние вагоны в соответствии с их станциями назначения.

Установлено, что для рациональной организации порожних вагонопотоков необходимо учитывать влияющие на данный процесс случайные факторы, а также совершенствовать технологию перевозочного процесса и взаимодействие всех участников перевозочного процесса с целью минимизации рисков неопределённости.

ГЛАВА 2. ПОИСК РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ЗАЯВОК НА ПЕРЕВОЗКУ ПОРОЖНИМИ ВАГОНАМИ С УЧЁТОМ ИНТЕРЕСОВ ГРУЗОВЛАДЕЛЬЦЕВ

2.1. Проблемы взаимодействия участников перевозочного процесса на железнодорожном транспорте

В основу существующего рынка железнодорожных перевозок положена либерализация вагонной составляющей тарифа на перевозку прейскуранта № 10-01. В таких условиях операторы оказывают услуги по предоставлению принадлежащего им (на праве собственности или ином праве) железнодорожного подвижного состава для перевозки грузов железнодорожным транспортом.

В состав этих услуг могут также входить выполнение отдельных операций перевозочного процесса, техническая эксплуатация вагонов и какие-либо другие услуги.

Оператор и клиент взаимодействуют на основании договора на оказание операторских услуг (услуг по предоставлению подвижного состава), который представляет собой гражданско-правовую сделку, в соответствии с которой одна сторона – оператор принимает на себя обязательство по оказанию операторских услуг другой стороне – клиенту, а клиент обязуется принять и оплатить оказанные услуги в размере и порядке, предусмотренном договором.

Взаимодействие операторов с перевозчиками и другими участниками перевозочного процесса строится на принципах:

- законности;
- свободы договора;
- взаимной заинтересованности и консолидации усилий участников в перевозочном процессе;

- имущественной самостоятельности участников взаимоотношений;
- взаимной ответственности за выполнение принятых на себя обязательств, соблюдения условий конкуренции.

Существенными условиями договора на оказание операторских услуг являются:

- количество и вид подвижного состава, предоставляемого клиенту; требования к предоставляемому подвижному составу;
- вид груза, для перевозки которого предоставляется подвижной состав;
- срок, на который предоставляется подвижной состав;
- станция предоставления подвижного состава и/или погрузки груза; станция выгрузки груза;
- стоимость услуг;
- порядок взаимодействия сторон в случае выявления неисправности подвижного состава в процессе перевозки груза;
- состав и порядок предоставления клиентом документов, подтверждающих использование подвижного состава в перевозочном процессе.

Принципиально можно выделить два варианта оказания услуг по предоставлению подвижного состава:

- обеспечение заявок на перевозку по заданному маршруту. В данном случае стоимость пользования вагоном определяется в зависимости от расстояния маршрута и скорости пропуска по нему вагонопотоков;
- передача вагонов в посуточное пользование. Стоимость услуг взимается за каждые сутки оказанных услуг без учёта маршрута следования.

Договор на оказание операторских услуг может быть смешанным и включать элементы различных договоров, предусмотренных законом или другими правовыми актами, в соответствии с видом и объёмом оказываемых услуг.

Как правило, в процессе пользования вагонами операторы оказывают своим клиентам сопутствующие услуги:

- обеспечение контроля продвижения груза на всех этапах перевозки;
- оперативное информирование о ходе выполнения перевозки.

Следует отметить, что в настоящее время в законодательстве РФ не в полной мере определены права и обязанности участников перевозочного процесса [85].

Одна из проблем взаимодействия операторов с грузоотправителями (грузополучателями) – бесплатное хранение груза в вагонах на путях необщего пользования. Грузополучатель, получая под выгрузку вагоны операторов, не имеет стимулов к быстрой их сдаче на пути общего пользования для дальнейших перевозок, так как плата за пользование и другие штрафы на грузополучателя не начисляются.

Как правило, грузополучатель и владелец вагона не состоят в договорных отношениях, поскольку подписание соглашения, в котором будет регламентирована только финансовая ответственность грузополучателя за задержку освобождения вагонов, не представляется возможным.

Ситуаций, когда грузополучатель задерживает освобождение чужих вагонов, пользуясь своей безответственностью, множество. При этом непроизводительный простой вагонов в отдельных случаях достигает месяца и более.

Операторы пытаются решать данную проблему путём регламентирования ответственности за сверхнормативную выгрузку вагонов в договорах с грузоотправителями, таким образом, перекладывая на них свои проблемы. В данном случае за нарушения отвечает не виновное лицо, а

грузополучатель. Грузоотправитель часто не имеет возможность повлиять на грузополучателя из-за отсутствия прямых договорных отношений или вследствие нежелания грузополучателя-покупателя закреплять в договоре правила о своей ответственности.

Следующая проблема – отсутствие в законодательстве обязанности грузополучателя или владельца пути необщего пользования сообщать оператору сведения об обработке вагонов.

В соответствии с пунктом 22.1 приказа Министерства транспорта РФ № 258 от 03.10.2011 г. «О внесении изменений в некоторые акты Министерства путей сообщения Российской Федерации», отправитель не позднее четырёх часов до предъявления вагона к перевозке направляет перевозчику соответствующее уведомление. В нём должны быть указаны сведения о перевозке порожнего вагона (железнодорожные станции отправления и назначения, получатель, цель перевозки) с указанием даты и времени его передачи перевозчику.

Для того, чтобы направить перевозчику уведомление о предъявлении порожнего вагона к перевозке, нужно располагать информацией о готовности вагона к перевозке, т.е. надо быть уверенным, что вагон выгружен и может быть выставлен на пути общего пользования. Из-за того, что грузополучатели и владельцы путей необщего пользования не обязаны сообщать владельцу вагона сведения о нахождении и состоянии вагона под грузовыми операциями, выполнение таких требований для всех порожних отправок невозможно.

Использование договорных обязательств для получения сведений о нахождении и состоянии вагона под грузовыми операциями представляется маловероятным, поскольку на сети большое количество грузополучателей (более 10 тыс.), и с их стороны нет заинтересованности в представлении таких данных.

Есть ситуации, при которых страдают и грузополучатели. В периоды избытка подвижного состава на сети железных дорог часто бывают случаи, когда владелец подвижного состава не успевает своевременно оформить

перевозочные документы. Одна из причин – постоянные отказы в согласовании уведомления на отправку порожних вагонов со стороны перевозчика. Возможны также и случаи злоупотреблений со стороны владельцев вагонов.

В таких случаях владелец пути необщего пользования не может выставить порожние вагоны на пути общего пользования, что иногда приводит к невозможности принятия новых вагонов под выгрузку.

Владелец пути необщего пользования, часто не связанный договорными отношениями с владельцами вагонов, не может их стимулировать к своевременному освобождению путей от занимаемых вагонов, а впоследствии не может потребовать компенсации понесённых убытков.

В настоящее время между операторами и их клиентами часто используется система расчётов, предусматривающая оплату за услуги по предоставлению вагонов по твёрдой ставке. Такая практика появилась из-за жёсткой конкуренции между операторами подвижного состава. Как правило, размер ставки на вагон зависит от нормативного срока доставки и расстояния перевозки. Однако часть отправок доставляется с нарушением этого нормативного срока.

В таких случаях оператор несёт убытки, так как плата за предоставленные вагоны не покрывает расходов по их содержанию. При этом оператор, в отличие от грузополучателя, не может предъявить перевозчику претензии за нарушение сроков доставки.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» и другие нормативные документы не регламентируют в полной мере взаимодействие между всеми участниками перевозочного процесса.

2.2. Современные тенденции развития операторского бизнеса

Практически каждый оператор подвижного состава, основной вид деятельности которого – предоставление подвижного состава под перевозку грузов (оперирование) и аренду, стремится усилить свои позиции на рынке железнодорожных перевозок. Стратегическими целями для решения данной задачи являются:

- увеличение доли рынка оперирования грузовым подвижным составом в наиболее прибыльных сегментах;
- повышение эффективности использования подвижного состава и ресурсов инфраструктуры;
- обновление подвижного состава и снижение доли нерабочего парка;
- рост капитализации;
- инновационное развитие, совершенствование и модернизация подвижного состава;
- повышение уровня клиентоориентированности при реализации услуг на рынке грузовых перевозок;
- расширение перечня услуг, связанных с основным видом деятельности.

Для реализации вышеперечисленных целей операторам необходимо увеличивать парк вагонов, повышать эффективность их использования, улучшать состояние подвижного состава в техническом и коммерческом отношении, а также сокращать расходы, связанные с основным видом деятельности.

В настоящее время рынок железнодорожных перевозок испытывает недостаток спроса на грузовые вагоны. В результате обострения конкуренции рыночная стоимость пользования подвижным составом существенно снизилась, из-за чего средние и небольшие операторские компании не имеют возможности обновлять парк и приобретать вагоны с современными техническими характеристиками.

Для повышения рентабельности бизнеса операторы активно ищут и предлагают различные способы повышения качества управления парком грузовых вагонов, в том числе с участием ОАО «РЖД»:

- снять тарифные ограничения («перелом» тарифа), препятствующие оптимальному сочетанию принципов «адресной заадресовки» с принципами регулировки;
- сократить и упростить правила расчёта дополнительных сборов в пунктах накопления и распыления («за отстой», «за маневровую работу», «за подачу и уборку» и т.д.);
- предлагать альтернативные варианты пропуска порожних вагонопотоков при загрузке основных маршрутов;
- сократить встречные пробеги однотипных порожних вагонов путём предоставления планов их передислокации друг другу в электронном виде через ОАО «РЖД» (подобно тому, как предоставляются заявки на перевозку грузов по форме ГУ-12);
- предусмотреть участие компаний–операторов при согласовании заявок на перевозку грузов, что позволит исключить случаи несанкционированного использования парка («захватов»);
- повысить качество планирования вагонопотоков за счёт их классификации на ожидаемые, вероятностные, регулярные, неритмичные, основные и т.д.

На фоне снижения объёмов железнодорожных грузоперевозок крупные собственники подвижного состава смогли забрать часть грузовой базы у небольших компаний. В 2014 году перевозка более 75% грузов железнодорожным транспортом обеспечивалась 30 операторами, при этом половина объёма пришлась на трёх крупных перевозчиков [86,87]. В 2015–2018 гг. процесс консолидации продолжался.

В настоящее время наиболее крупными операторами являются UCL Rail (в составе – Новая перевозочная и Первая грузовая компании),

«Нефтетранссервис» и «Федеральная грузовая компания» которые обеспечили подвижным составом 35% грузооборота железнодорожного транспорта.

Ранее, в 2012 году, рынок грузоперевозок был менее консолидирован: 30 компаний контролировали 57% грузопотока, а ФГК, UCL Rail и «Нефтетранссервис» совместно – 23% [88].

Таким образом, видна тенденция по укрупнению операторских компаний путём слияния и поглощения, что даёт следующие преимущества:

- функционирование операторов с крупными парками вагонов позволяет обеспечить эффект масштаба для повышения эффективности их использования;
- создаются условия для привлечения инвестиций на обновление парка вагонов и повышение его технических характеристик;

При этом ни одна из операторских компаний не доминирует на рынке железнодорожных перевозок, что позволяет сохранять эффект конкуренции.

2.3. Зарубежный опыт управления парком вагонов

Различают два основных вида моделей управления железнодорожным транспортом [89, 90].

Европейский – разделение инфраструктуры и перевозок. Конкуренция достигается за счёт развития нескольких перевозочных компаний или операторов подвижного состава.

Американский – сеть железных дорог состоит из нескольких конкурирующих между собой перевозочных направлений. При этом реализована возможность доступа к инфраструктуре любой частной дороги для других перевозчиков и собственников подвижного состава.

Модель управления железнодорожным транспортом России близка к европейской. Однако в мире нет иностранных железных дорог, которые используют Европейскую модель управления и при этом сопоставимых с ОАО «РЖД» по объёму перевозок и развитию железнодорожной инфраструктуры.

Российские железные дороги занимают второе место по эксплуатационной длине железных дорог, третье место – по перевозкам грузов (после Китая и США) и пассажиров (после Японии и Индии). При этом они выполняют около 25 % грузооборота и 15% пассажирооборота железных дорог всех стран мира [91-94].

Всего на рынке США представлено 568 грузовых железных дорог, 7 из которых относятся к первому классу. Суммарный грузооборот составил 2 524,7 млрд. т-км (см. [91]). Общая численность штата работников составляет немногим более 200 тыс. Распределение работников по специализации показано на рисунке 2.1.

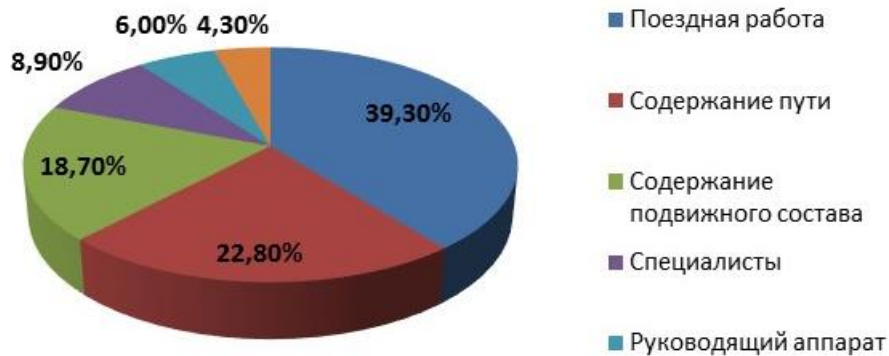


Рисунок 2.1 – Распределение штата сотрудников по специализациям

Подвижной состав железных дорог США имеет большую степень специализации под отдельные виды грузов (таблица 2.1), что ограничивает возможности сокращения порожнего пробега вагонов, который близок к 50%.

Таблица 2.1 – Структура парка вагонов железных дорог США

| Тип вагона | Всего всех собственников | Железные дороги I класса | Другие железные дороги | Компании, владеющие вагонами, и грузоотправители |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------------------------|
| Крытые универсальные | 11 610 | 1 121 | 3 532 | 6 957 |
| Крытые специализированные | 78 927 | 49 629 | 26 626 | 2 042 |
| Крытые хопперы | 394 282 | 92 833 | 15 050 | 286 399 |
| Платформы | 155 816 | 82 256 | 21 390 | 52 170 |
| Рефрижераторы | 14 479 | 10 827 | 990 | 2 662 |
| Полувагоны | 202 793 | 85 978 | 18 321 | 98 494 |
| Хопперы | 151 410 | 56 872 | 9 037 | 85 501 |
| Цистерны | 270 735 | 900 | 19 | 269 816 |
| Прочие | 3 803 | 283 | 1 007 | 2 513 |
| Всего | 1 283 225 | 380 699 | 95 972 | 806 554 |

Несмотря на принадлежность железнодорожных путей частным компаниям, перевозка по ним может осуществляться и в вагонах других собственников. Таким образом, задача управления парком вагонов на дорогах России и США, в общем виде, идентична.

Анализ принадлежности парка вагонов на дорогах США показывает его сильную раздробленность по собственникам, при этом нет ярко выраженных лидеров [см. 91] (таблица 2.2).

Сведения о показателях работы зарубежных железных дорог приведены в приложении 2.

Железнодорожные перевозочные компании США часто используют привлечение дополнительного парка вагонов на период сезонных перевозок по лизинговой схеме.

Таблица 2.2 – Сравнение размеров парка вагонов крупнейших собственников США и России по состоянию на 2014 г.

| Наименование перевозчика США | Кол-во вагонов, тыс. единиц | | Наименование оператора РФ |
|---------------------------------------------|--------------------------------|---------|---------------------------|
| ЮНИОН ПАСИФИК (UP) | 103,8 | 215,0 | ОАО «ПГК» |
| БЕРЛИНГТОН НОРТЕН И САНТЕ ФЕ (BNSF) | 103,1 | 162,6 | ОАО «ФГК» |
| НОРФОЛК САУТЕРН (с дочерними компаниями) | 90,5 | 61,4 | ГлобалТранс |
| СИ ЭС ИКС ТРАНСПОРТЕЙШН (CSX) | 72,5 | 48,2 | ООО «РТК» |
| ГРАНД ТРАНК КОРПОРЕЙШН (CNGT) | 64,4 | 41,7 | ООО «НефтеТрансСервис» |
| СУ ЛАЙН (SOO) | 52,1 | 24,7 | ООО «Трансойл» |
| Прочие | 813,6 | 746,4 | Прочие |
| Всего: | 1,3 млн | 1,3 млн | |

Грузоотправитель Северной Америки имеет возможность заказать перевозки в любой компании. Но за счёт вертикально интегрированной системы управления погрузка одного клиента и, как правило, одной станции обеспечивается вагонами 1-2 компаний. Это позволяет существенно сократить размеры страховых резервов вагонов в местах погрузки. Кроме этого, на железных дорогах Северной Америки много внимания уделяется логистическому взаимодействию с грузовладельцами. Из-за высокой специализации подвижного состава коэффициент порожнего пробега составляет около 0,5. Поэтому основные усилия направлены на сокращение простоя вагонов на станциях выполнения грузовых операций, управление

размером парка с учётом планируемого объёма перевозок и повышение грузоподъёмности.

На европейских железных дорогах, где система управления железнодорожными перевозками схожа с системой управления в РФ, большая часть парка вагонов принадлежит доминирующей компании, имеющей до 70–80% от общего парка вагонов.

По итогам общего анализа парка вагонов железных дорог США можно сделать вывод, что задача распределения порожних вагонов не имеет первостепенного значения, так как основная часть грузовых вагонов закольцована между станциями погрузки и выгрузки. При этом повышение эффективности использования вагонов достигается за счёт оптимизации их количества для каждой корреспонденции и увеличения грузоподъёмности.

2.4. Логистические принципы взаимодействия операторов и грузовладельцев

Задача эффективной организации работы грузовых вагонов на железнодорожном транспорте имеет важнейшее значение. За время существования железнодорожного транспорта система управления парком грузовых вагонов претерпевала определённые этапы эволюционного развития.

В существующих рыночных условиях дальнейшее развитие транспортной системы невозможно без соблюдения основных принципов логистики, которые сформулированы для макрологистических систем [95, 96]:

- принцип рациональности – выбор наилучших управленческих решений по комплексу показателей для заданных условий. Решение должно приниматься всегда таким образом, чтобы выполнялось рациональное достижение поставленных целей логистической системы всего предприятия;
- принцип целостности – это свойство логистической системы выполнять заданную целевую функцию системой в целом, а не

отдельными её элементами. Любая логистическая система должна рассматриваться сначала на макроуровне во взаимодействии с окружающей средой, а уже затем на микроуровне;

- принцип системности – исследование логистического объекта как единого целого, которое является частью более крупной системы, в которой анализируемый объект находится в определённых отношениях с остальными системами;
- принцип интеграции – объединение в целое каких-либо частей или свойств. Логистическая система обладает особыми системными свойствами, не присущими отдельным элементам, которые позволяют получить синергетический эффект.

При разработке плана обеспечения погрузки порожними вагонами необходимо руководствоваться вышеперечисленными принципами. С одной стороны, это позволит полностью удовлетворить потребности в перевозках и обеспечить высокое качество транспортной продукции для потребителей, а с другой – достигнуть высоких финансовых показателей работы перевозчика или оператора.

2.5. Случайные факторы процесса обеспечения погрузки

При направлении вагонов на станции погрузки оператор подвижного состава, главным образом, ориентируется на месячный план погрузки, наличие необеспеченных заявок, ожидаемое время рейса. Исходя из этого, можно выделить основные риски процесса обеспечения погрузки:

- отмена или сокращение объёмов погрузки после направления на станцию порожних вагонов;
- появление дополнительных объёмов погрузки на стадии сменного суточного планирования, когда отсутствует запас времени, необходимый для своевременного подвода порожнего вагона;

- отказ отправителя от вагонов из-за их технического или коммерческого состояния;
- прибытие вагонов позже предполагаемой даты погрузки.

Поэтому для соблюдения целостности и эффективности логистической системы «производитель – ОАО «РЖД» – потребитель» при управлении парком вагонов необходимо гибко учитывать случайность следующих событий:

- совпадение времени прибытия вагона и предъявления груза к перевозке;
- совпадение объёмов погрузки (спроса на вагоны) и количества прибывших и/или высвобожденных после выгрузки порожних вагонов.

Результаты данных событий существенно влияют на итоговую стоимость обеспечения погрузки и эффективность использования парка вагонов в целом.

Наибольшее влияние на время доставки порожних вагонов оказывают следующие факторы:

- дальность перевозки;
- простой на станции отправления с момента завершения выгрузки;
- уровень транзитности перевозки (доля технических станций, проследуемых без переработки);
- наличие или возникновение ограничений пропуска вагонопотоков по маршруту следования.

В настоящей работе выполнен анализ статистики времени порожнего рейса полувагонов за июнь 2018 года. С помощью метода наименьших квадратов аппроксимирована зависимость времени рейса вагона t от его дальности s различными функциями (таблица 2.3, рисунок 2.2).

Таблица 2.3 – Результаты аппроксимации зависимости времени рейса от расстояния методом наименьших квадратов

| № п/п | Функция зависимости времени рейса от расстояния s | Коэффициент детерминации | Примечания |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Линейная $t=1,71 \cdot s+0,002$ | 0,526 | Из-за высокой стохастичности процесса не удаётся построить приемлемую модель с достаточным значением коэффициента детерминации (0,8 и более) |
| 2 | Квадратичная $t=1,81 \cdot s^2 \cdot 10^{-7}+2,61 \cdot s \cdot 10^{-3}+1,39$ | 0,536 | |
| 3 | Полином 3-й степени $t= 8,31 \cdot s^3 \cdot 10^{-11} - 8,45 \cdot s^2 \cdot 10^{-7} + 3,9 \cdot s \cdot 10^{-3} + 1,11$ | 0,542 | |
| 4 | Полином 4-й степени $t= -3,47 \cdot s^4 \cdot 10^{-14} +4,72 \cdot s^3 \cdot 10^{-10} - 2,17 \cdot s^2 \cdot 10^{-6} + 5,22 \cdot s \cdot 10^{-3} + 0,934$ | 0,544 | |
| 3 | Экспоненциальная $t=0,935 \cdot e(5,6 \cdot s \cdot 10^{-4})$ | 0,083 | |
| 4 | Логарифмическая $t=0,38 \cdot \ln(s)+2,24$ | 0,185 | |

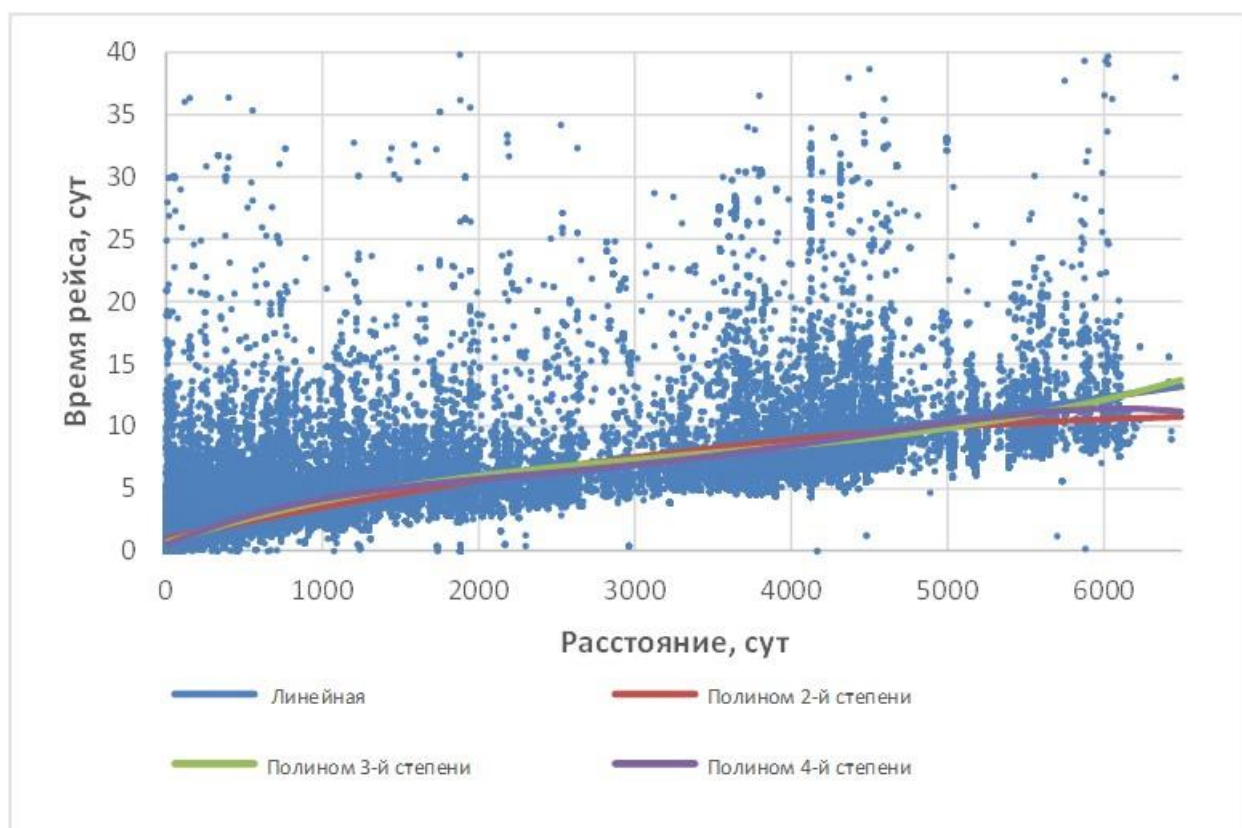


Рисунок 2.2 – Аппроксимация зависимости времени рейса порожнего полувагона от его дальности различными функциями

Подводя итоги результатов данной аппроксимации и других исследований [97,98], можно сделать вывод, что при наличии тенденции увеличения времени порожнего рейса от его расстояния невозможно построить приемлемую модель с достаточным значением коэффициента детерминации (более 0,8) из-за высокой стохастичности процесса.

В графическом виде (см. рисунок 2.2) наглядно видно, что практически для каждого значения дальности порожнего рейса имеется существенный разброс значений времени. Например, при расстоянии 1000 км время порожнего рейса находится в диапазоне от 1 до 14 суток.

Среднеквадратичное отклонение времени рейса от аппроксимированной функции составляет 2,8 суток. При этом оно возрастает с увеличением дальности рейса, а позже ожидаемого времени прибывает около 35% вагонов.

Рядом учёных [99,100] также было отмечено, что случайный разброс времени следования порожних вагонов от станций отправления до станций назначения создаёт существенную неопределённость, влияющую на процесс оперативного планирования погрузки.

Плотность вероятности времени рейса порожнего вагона имеет ассиметричную форму, близкую к гамма-распределению. Параметризация функции плотности вероятности времени рейса порожних вагонов возможна с помощью теоретических распределений, имеющих ассиметричную форму, например, семейство гамма-распределений, Вейбулла и других [101].

Параметры гамма-функции для некоторых корреспонденций порожних вагонопотоков, определённые методом моментов, и их проверка критерием согласия Пирсона представлены в таблице 2.4. Функция гамма-распределения с параметром сдвига имеет следующий вид [102]:

$$f(x) = \frac{(x-c)^{(a-1)} e^{-\frac{(x-c)}{b}}}{\Gamma(a)} \quad (2.1)$$

где a – параметр формы;

b – параметр масштаба;

c – параметр сдвига;

$\Gamma(a)$ – гамма-функция.

Таблица 2.4 – Параметры гамма-функции плотности вероятности значений времени порожнего рейса вагонов для некоторых корреспонденций

| № п/п | Дальность порожнего рейса, км | Параметры гамма-распределения | | | Проверка критерием согласия Пирсона по уровню значимости $\alpha = 0,05$ | | Коэффициент асимметрии |
|-------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------|
| | | Форма (a) | Масштаб (b) | Сдвиг (c) | Статистика критерия согласия | Критическая точка | |
| 1 | 236 км | 12,16 | 1,03 | -4,5 | 2,8 | 10,85 | 1,68 |
| 2 | 458 км | 1,50 | 3,17 | 0,9 | 3,35 | 10,85 | 2,94 |
| 3 | 1111 км | 6,07 | 1,44 | -0,34 | 0,49 | 10,85 | 0,42 |
| 4 | 2184 км | 11,7 | 0,91 | -3,8 | 4,96 | 10,85 | 1,02 |

Результаты аппроксимации в графическом виде представлены на рисунках 2.3 – 2.6. Синим цветом показана эмпирическая плотность относительной частоты $f^*(x)$ времени рейса порожнего вагона, построенная на основе статистических данных. Красным цветом – теоретическая плотность вероятности $f(x)$ с параметрами, указанными в таблице 2.4.



Рисунок 2.3 – Эмпирическая плотность относительной частоты $f^*(x)$ и теоретическая плотность вероятности $f(x)$ времени следования вагона при дальности порожнего рейса полувагона 236 км

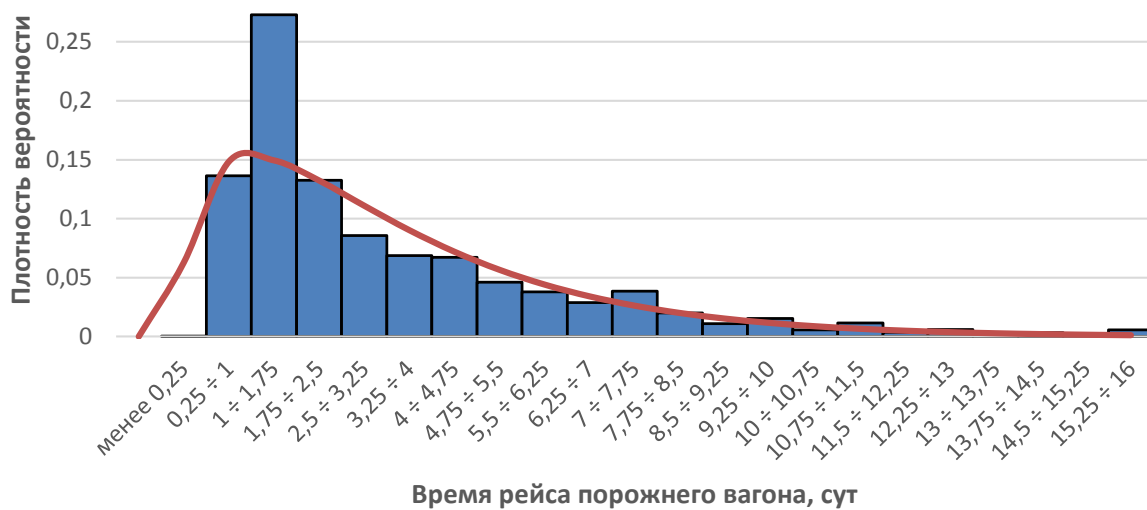


Рисунок 2.4 – Эмпирическая плотность относительной частоты $f^*(x)$ и теоретическая плотность вероятности $f(x)$ времени следования вагона при дальности порожнего рейса полувагона 458 км

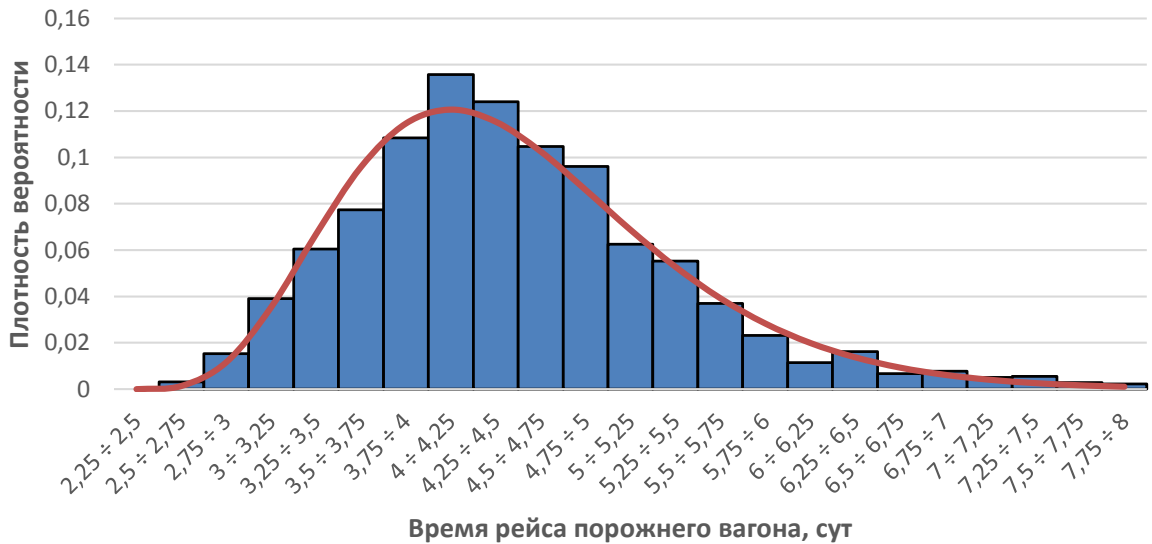


Рисунок 2.5 – Эмпирическая плотность относительной частоты $f^*(x)$ и теоретическая плотность вероятности $f(x)$ времени следования вагона при дальности порожнего рейса полувагона 1 111 км

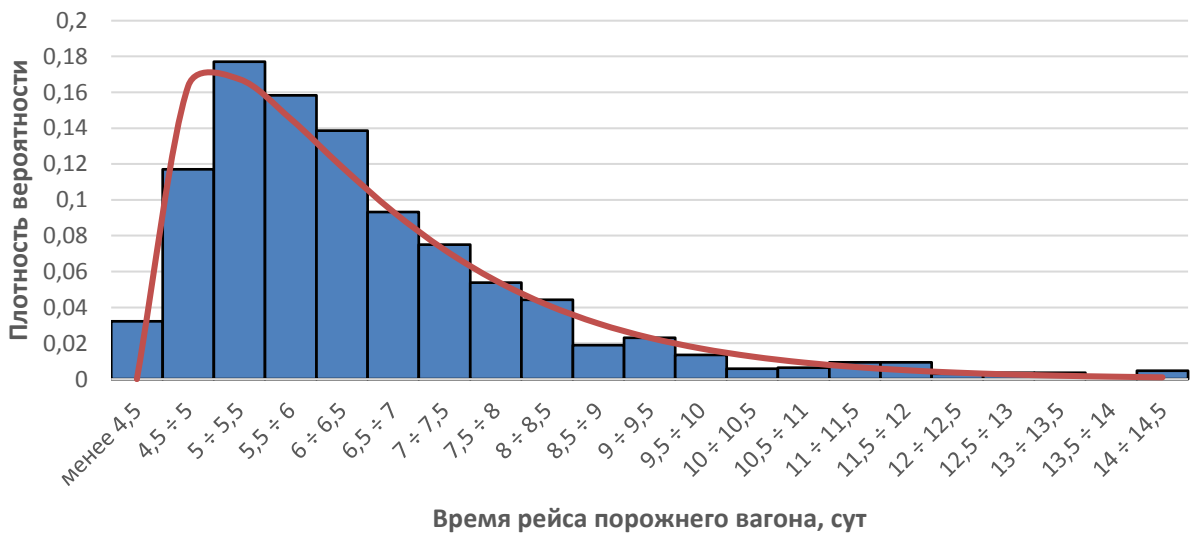


Рисунок 2.6 – Эмпирическая плотность относительной частоты $f^*(x)$ и теоретическая плотность вероятности $f(x)$ времени следования вагона при дальности порожнего рейса полувагона 2 184 км

Для подвода порожнего вагона с достаточной гарантией его своевременного прибытия необходимо иметь определённый резерв времени. Учитывая значительные отклонения во времени следования порожних вагонов

от ожидаемого, необходимо иметь некоторый резерв для гарантии своевременного обеспечения погрузки.

Наличие резерва времени порожнего рейса в итоге приводит к непроизводительным простоям порожних вагонов на станции погрузки или на подходе к ней.

Увеличение вероятности (гарантированности) своевременного обеспечения заказов грузоотправителей повышает непроизводительные расходы и среднесуточное количество вагонов, простаивающих в ожидании погрузки. Это может быть актуально для коммерчески привлекательных направлений, так как повышение стоимости обеспечения погрузки компенсируется высоким доходом от перевозки.

Плотность вероятности времени прибытия вагона на станцию имеет асимметричную форму (см. рисунок 2.3 – 2.6). Асимметричность возникает вследствие того, что ускорение доставки вагона ограничено технологическими нормативами, а время задержки вагона по различным причинам может быть достаточно продолжительным.

2.6. Основные задачи процесса подвода порожних вагонов под погрузку, имеющие фактор неопределённости

Согласно проекту целевой модели рынка железнодорожных перевозок до 2025 года [103], перед железнодорожным транспортом ставится задача высокой технологической и экономической эффективности рынка оперирования грузовыми вагонами, в том числе путём формирования сбалансированных подходов в вопросах нормативного регулирования грузовых перевозок и создания стимулов для грузоотправителей, операторов и ОАО «РЖД» к оптимизации порожнего пробега.

Учитывая поставленные задачи, вероятностный характер спроса на вагоны и сроков их прибытия на станции погрузки, необходимо найти такое

планируемое время рейсов порожних вагонов t_{ij}^0 , при котором сумма рисков позднего и раннего прибытия C будет минимальной:

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (c_{ij}^{\text{тариф}} + c_{ij}^{\text{ваг}}(t)) + \sum_{j=1}^n (c_j^{\text{ож.погр}}(t) + c_j^{\text{штраф}}(t)) \rightarrow \min \quad (2.2)$$

где $c_{ij}^{\text{тариф}}$ – стоимость тарифа на перевозку порожнего вагона от станции его освобождения до станции погрузки;

$c_{ij}^{\text{ваг}}$ – стоимость вагонной составляющей с момента заадресовки вагона со станции его освобождения до момента прибытия на станцию погрузки;

$c_j^{\text{ож.погр}}$ – расходы на ожидание погрузки по станции j , складывающиеся из стоимости времени неиспользования вагона и возможного использования путей общего и/или необщего пользования;

$c_j^{\text{штраф}}$ – расходы и штрафы, связанные с поздним прибытием вагона на станцию погрузки j (упущенная выгода, риски, связанные с неисполнением договорных обязательств, и т.д.)

Для отдельно взятого рейса порожнего вагона данные расходы зависят от дальности рейса, времени следования вагона и совпадения времени прибытия порожнего вагона со временем предъявления груза к перевозке.

При планировании рейса порожнего вагона известна только стоимость тарифа на его перевозку. Значения остальных затрат ($c_{ij}^{\text{ваг}}$, $c_j^{\text{ож.погр}}$, $c_j^{\text{штраф}}$) можно оценить лишь предварительно, при этом они взаимосвязаны между собой. При увеличении времени рейса вагона сокращается его простой в ожидании погрузки. А при увеличении времени рейса больше допустимого значения вагон опаздывает под погрузку, и возникают соответствующие «штрафы».

Операторы имеют ограниченные возможности для регулирования расходов, связанных с перемещением порожнего вагона на станцию

планируемой погрузки, т.к. этим процессом управляет ОАО «РЖД» (первая часть формулы 2.2). Но расходы, связанные с поздним или ранним прибытием вагонов на станцию планируемой погрузки (вторая часть формулы 2.2) могут быть сокращены за счёт выбора рационального планируемого времени порожнего рейса вагонов, при котором сумма ожидаемых расходов будет наименьшей.

Общее значение расходов, связанных с несовпадением времени прибытия вагона на станцию погрузки и спроса на него, является непостоянной величиной, и имеет следующий вид:

$$C_j(t) = \begin{cases} f_j^1(t - t_{nзр}), & \text{если } t_{nзр} \leq t \\ f_j^2(t_{nзр} - t), & \text{если } t_{nзр} > t \end{cases} \quad (2.3)$$

где $t_{nзр}$ – время спроса на вагон;

$f_j^1(t - t_{nзр})$ – функция расходов, учитывающая позднее прибытие вагонов на станцию погрузки (упущенная выгода, риски, связанные с неисполнением договорных обязательств и т.д.);

$f_j^2(t_{nзр} - t)$ – функция расходов, учитывающая раннее прибытие вагона на станцию погрузки (стоимость непроизводительного простоя подвижного состава, использование путей общего пользования и т.д.).

Доказано, что минимальное значение суммарных затрат, связанных с простоем вагонов в ожидании погрузки и штрафами за неудовлетворение спроса, соответствует определённому значению вероятности возникновения дефицита вагонов $p(t_0)$ (см. формулу 1.1).

Однако использование данной зависимости имеет существенное ограничение, поскольку ставится условие линейного характера увеличения расходов, связанных с ранним или поздним прибытием вагона (например, увеличение расходов, связанных с хранением груза).

По этой же причине есть ограничения на использование транспортной задачи в стохастической постановке (см. [47,100]).

При управлении парком вагонов, когда оператор взаимодействует с большим количеством грузоотправителей, часто возникают ситуации, при которых функция затрат при позднем прибытии вагонов имеет сложную форму (нелинейную, ступенчатую и т.д.).

В таких условиях решения, найденные с помощью вышеуказанных методов, могут иметь значительную погрешность.

В случаях прибытия вагона раньше готовности груза возникают расходы, связанные с непроизводительным простоем вагона и использованием инфраструктурой ОАО «РЖД». Как правило, сумма этих расходов имеет линейную зависимость от времени непроизводительного простоя.

Случаи прибытия вагона позже времени готовности груза условно можно классифицировать на три основные категории:

- потери, увеличивающиеся прямо пропорционально времени опоздания вагона (рисунок 2.6 а);
- единовременные потери, связаны с уходом заказа другому оператору или необходимостью краткосрочной аренды вагонов других собственников (рисунок 2.6 б);
- сложные нелинейные зависимости.

а)



б)

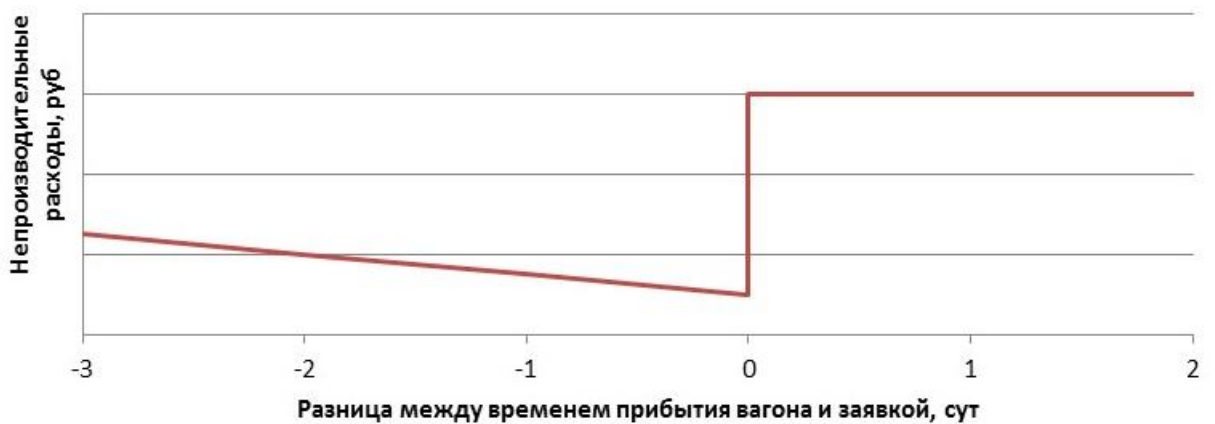


Рисунок 2.6 – Зависимости стоимости обеспечения погрузки от совпадения времени прибытия вагона и предъявления груза к перевозке
 а) – потери, увеличивающиеся прямо пропорционально времени опоздания вагона,
 б) – единовременные потери при опоздании вагона.

Таким образом, для сокращения расходов на обеспечение порожними вагонами заданного объёма погрузки на отдельно взятом направлении между станциями i и j необходимо определить такое время отправления вагона и, соответственно, время планируемого порожнего рейса вагона, при котором математическое ожидание суммарных расходов за простой в ожидании погрузки и штрафов за опоздание будет минимальным:

$$\int_{-\infty}^{t_0} c_j(t_0 - t)p(t)dt + \int_{t_0}^{+\infty} c_j(t - t_0)p(t)dt \rightarrow \min \quad (2.4)$$

где t_0 – ожидаемое время прибытия вагона на станцию погрузки.

Плотность вероятности времени прибытия вагонов имеет асимметричную форму (см. рисунок 1.16), а функция штрафов для каждого отправителя может принимать различные формы, которые не всегда имеют вид теоретических функций. В таких условиях для поиска оптимального решения поставленной задачи целесообразно использовать методы дискретной оптимизации.

Для этого необходимо представить заданные функции в виде дискретных значений по периодам времени Δt . После дискретизации распределений необходимо найти такое значение времени планируемого рейса порожнего вагона t_0 между станциями i и j , при котором:

$$M(c_{ij}^{\text{ож.погр}}(t_0)p(t_0)) + M(c_{ij}^{\text{штраф}}(t_0)p(t_0)) \rightarrow \min \quad (2.5)$$

где $M(c_{ij}^{\text{ож.погр}}(t_0)p(t_0))$, $M(c_{ij}^{\text{штраф}}(t_0)p(t_0))$ – математические ожидания издержек на ожидание погрузки и штрафов за опоздание для значения времени планируемого порожнего рейса t_0 соответственно.

Сумму рисков при времени планируемого порожнего рейса t_0 между станциями i и j можно рассчитать как сумму произведений расходов на вероятность их возникновения:

$$M(c_{ij}^{\text{ож.погр}}) = \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} (c_{ij}^{\text{ож.погр}}(t)p_{ij}(t)) \quad (2.6)$$

$$M(c_{ij}^{\text{штраф}}) = \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} (c_{ij}^{\text{штраф}}(t)p_{ij}(t)) \quad (2.7)$$

где t_{min} , t_{max} – минимально и максимально возможное время порожнего рейса вагона между станциями i и j при времени планируемого порожнего рейса t_0 соответственно.

Плотность вероятности времени прибытия вагонов можно определить по данным статистики или экспертным способом.

После расчёта математического ожидания издержек для каждого дискретного значения времени t необходимо найти такое значение планируемого времени порожнего рейса вагона t_0 , при котором сумма издержек будет минимальной (формула 2.5).

Таким образом, при направлении порожних вагонов под погрузку на большие расстояния между станциями i и j необходимо руководствоваться временем порожнего рейса t_0 , при котором достигается наименьшее ожидаемое значение суммы непроизводительных затрат, связанных с простоем вагонов в ожидании погрузки и штрафами при позднем прибытии.

2.7. Возможные подходы снижения рисков от случайных факторов при управлении парком вагонов

В условиях неопределённости даже оптимальное значение времени планируемого порожнего рейса предусматривает непроизводительные расходы и наличие резерва вагонов в местах погрузки. При этом, чем больше зависимость от случайных факторов, тем выше непроизводительные расходы.

Анализ статистики отклонения времени прибытия вагонов на станцию назначения показывает, что в сутки, соответствующие математическому ожиданию времени рейса, прибывает около 25% вагонов, а в сутки максимальной вероятности (пиковый период) – около 50%.

Таким образом, можно сделать вывод, что даже рациональные управляющие решения в существующих условиях неизбежно будут сопровождать непроизводительные расходы, связанные с простоем вагонов в

ожидании погрузки, поздним прибытием вагонов на станции погрузки, повторными порожними рейсами.

Снижение влияния фактора неопределённости возможно за счёт реализации следующих мер:

- повышения технологической дисциплины и совершенствования технологии работы железных дорог;
- расширения перечня предоставляемых услуг, например, оказания услуги доставки вагонов «Точно в срок»;
- использования опорных станций в регионах погрузки для оперативного перераспределения порожних вагонопотоков;
- увеличения стабильности вагонопотоков за счёт повышения их мощности;
- отказа от жёсткой привязки порожних вагонов к станциям назначения.

Повышение технологической дисциплины, совершенствование технологии работы железных дорог и введение услуги доставки "Точно в срок" – наиболее трудоёмкие и дорогостоящие способы. К тому же сохраняется неопределённость, связанная с возможным изменением объёмов и параметров погрузки после направления порожних вагонов. Основные проблемы реализации данных мероприятий:

- высокие первоначальные инвестиции, рост текущих расходов на совершенствование технологии работы (покупка современного оборудования, разработка программного обеспечения, подготовка специалистов, расширение штата работников и т.д.);
- необходимость оперативно устранять последствия непредвиденных обстоятельств, включая ускоренный подвод опаздывающих отправок;
- наличие риска невыполнения точного срока доставки.

Наиболее перспективный подход в снижении влияния фактора неопределённости на процесс управления порожними вагонопотоками – сокращение горизонта планирования подвода порожних вагонов на станции погрузки за счёт их перераспределения в пути следования.

При этом следует отметить, что подсыл порожних вагонов на станции погрузки двумя рейсами через опорные станции не позволяет оптимизировать пропуск порожних вагонопотоков для ОАО «РЖД», так как остаётся проблема необходимости переработки идентичных порожних вагонов в соответствии с их станциями назначения.

К тому же, следование порожнего вагона через опорную станцию с переадресовкой связано с дополнительными расходами, что часто делает такой подход экономически нецелесообразным. Например, на направлении Новый порт – Ерунаково переадресовка порожнего вагона по станции Подволошная увеличивает общую стоимость порожнего рейса на 15 911 рублей, что эквивалентно почти двум неделям непроизводительного простоя (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7– Сравнение размеров тарифных платежей при различных схемах доставки порожнего вагона

В таких условиях целесообразно направлять вагоны под погрузку без переадресовки в пути следования, несмотря на значительные простои в дальнейшем.

Учитывая вышеприведённые факторы, следует считать наиболее перспективным способом сокращения расходов, связанных с подводом порожних вагонов под погрузку, оперативное перераспределение порожних вагонов в пути следования с учётом интересов всех участников перевозочного процесса, что позволит не только сократить непроизводительные расходы,

связанные с рисками позднего и раннего прибытия порожних вагонов на станции погрузки, но и уменьшить необходимость переработки идентичных порожних вагонов в соответствии с их станциями назначения в транзитном и местном сообщениях [104].

2.8. Выводы по главе 2

1. Рассмотрены проблемы взаимодействия участников перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. Выявлены основные проблемы взаимодействия и существующие тенденции. Сделан вывод, что нормативно-правовая база железнодорожного транспорта не регламентирует в полной мере взаимодействие между всеми участниками перевозочного процесса.

2. Проанализированы тенденции развития операторского бизнеса. Отмечена динамика укрупнения операторов подвижного состава за счёт слияний и поглощений, что обеспечивает повышение эффективности управления парком грузовых вагонов. Например, если в 2012 году 30 крупнейших операторов контролировали 57% грузопотока, то в 2015 году – уже более 75%.

3. Выполнен анализ опыта работы железных дорог Европы и Северной Америки, по итогам которого отмечено, что парк грузовых вагонов на железных дорогах России должен иметь высокую консолидацию управления, т.к. это позволит повысить эффективность его использования.

4. Исследование зависимости времени порожнего рейса грузовых вагонов от дальности рейса и попытка аппроксимации данной зависимости теоретической функцией показало высокую стохастичность процесса. Например, при дальности рейса 1000 км время рейса находится в диапазоне от 1 до 10 суток. Данный факт не позволяет рассматривать планируемое время прибытия вагона и, соответственно, расходы на вагонную составляющую в порожнем рейсе как детерминированное значение.

5. Выполнена аппроксимация плотности вероятности отклонения времени рейса от ожидаемого значения. Для этого использовано семейство гамма-распределений, которое позволяет учитывать асимметрию данного распределения. Адекватность полученных параметров гамма-распределения подтверждена критерием согласия Пирсона по уровню значимости $\alpha=0,05$.

6. Разработана методика определения рационального значения планируемого времени порожнего рейса. При этом достигается минимум ожидаемых непроизводительных расходов за счёт нахождения баланса между рисками позднего и раннего прибытия вагона на станцию погрузки. Полученные значения являются входными данными для задачи распределения порожних вагонов под погрузку и виртуальной сортировки порожних вагонов.

7. Рассмотрены возможные способы снижения зависимости процесса обеспечения погрузки порожними вагонами от случайных факторов и проблемы их реализации. Предложено оперативное перераспределение порожних вагонов в пути следования с учётом интересов всех участников перевозочного процесса, что позволит не только сократить непроизводительные расходы, связанные с рисками позднего и раннего прибытия порожних вагонов на станции погрузки, но и уменьшить необходимость переработки идентичных порожних вагонов в соответствии с их станциями назначения в транзитном и местном сообщениях.

ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ МОЩНОСТИ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ ВАГОНПОТОКА НА УДЕЛЬНУЮ ВЕЛИЧИНУ НЕПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ

3.1. Влияние мощности корреспонденции вагонопотоков на рациональное количество вагонов в резерве

В условиях неопределённости рациональное время порожнего рейса, согласно пп. 2.5 – 2.7, включает в себя некоторое значение непроизводительного простоя в ожидании погрузки. По сути, это простой в резерве. В случаях высокой гарантированности обеспечения погрузки (более 90%), рациональное время порожнего рейса при единовременном отправлении одного вагона или группы составит:

$$t^0 = \overline{t^{nop}} + t_{рез}^0 \quad (3.1)$$

где $t_{рез}^0$ – рациональное ожидаемое время нахождения вагона в резерве на станции погрузки при единичной отправке, час;

$\overline{t^{nop}}$ – среднее технологическое время порожнего рейса (без учёта простоя в резерве на станции погрузки или в подходе), час;

Резерв вагонов в местах погрузки можно разделить на две категории:
страховой – позволяющий гарантировать бесперебойное обеспечение погрузки при колебаниях объёма погрузки и количества прибывших вагонов;
неликвидный – вагоны, не используемые длительное время.

Размер страхового резерва определяется, исходя из ожидаемых суточных колебаний погрузки и обеспечения (рисунок 3.1)

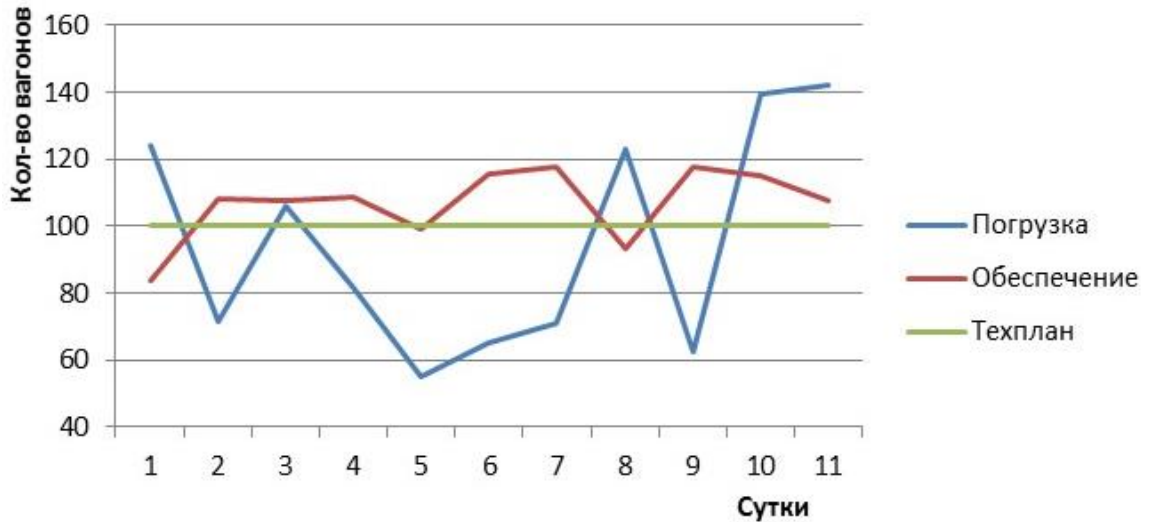


Рисунок 3.1 – Пример суточных колебаний погрузки и обеспечения порожними вагонами

Разница между погрузкой и обеспечением в каждые сутки показывает суточный дефицит вагонов, для компенсации которого необходим страховой резерв вагонов (рисунок 3.2)

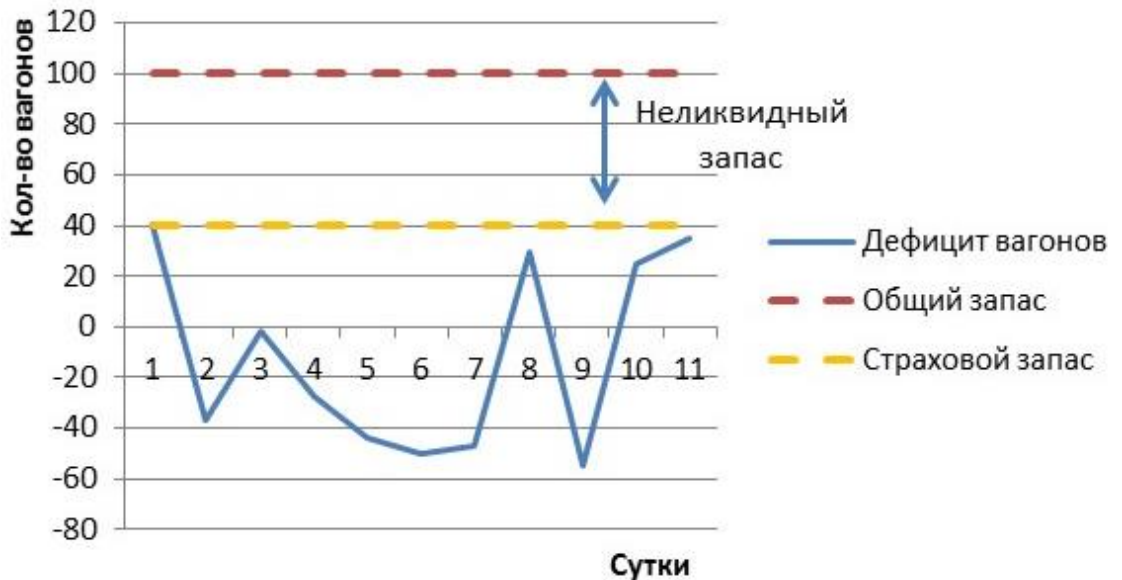


Рисунок 3.2 – Потребность в резерве при суточном дефиците вагонов

Наличие страхового резерва позволяет обеспечить погрузку при образовании суточного дефицита вагонов. Невостребованный резерв (неликвидный) приводит к неоправданно большим простоям вагонов в

ожидании погрузки. Его наличие крайне нежелательно, т.к. это приводит к снижению среднесуточной доходности вагона и создаёт сложности для работы станции.

Поэтому точное планирование резерва вагонов в местах погрузки – важная задача как для операторов вагонов, так и для ОАО «РЖД». Как было отмечено, потребность в нём возникает из-за суточных колебаний погрузки и образования порожних вагонов.

Значения суточных колебаний погрузки (или спроса на вагоны) относительно месячного плана можно оценить по итогам обработки статистики, экспертным способом, или ограничить их в рамках договорных отношений.

Рациональное время простоя вагонов в резерве соответствует критерию гарантированности обеспечения погрузки или получению максимальной прибыли. Определение данного значения рассмотрено в п. 2.5. Следует отметить прямо пропорциональную зависимость между расчётным простоем вагона в резерве и средним квадратичным отклонением от ожидаемого времени прибытия.

Большая часть погрузки на железнодорожном транспорте обеспечивается непрерывным ежесуточным порожним вагонопотоком. При увеличении в нём количества независимых друг от друга отправок вагонов уменьшаются его относительные посуточные колебания. Результаты моделирования прибытия вагонов в каждые сутки при количестве 1, 10 и 100 отправок в сутки это подтверждают (рисунок 3.3).

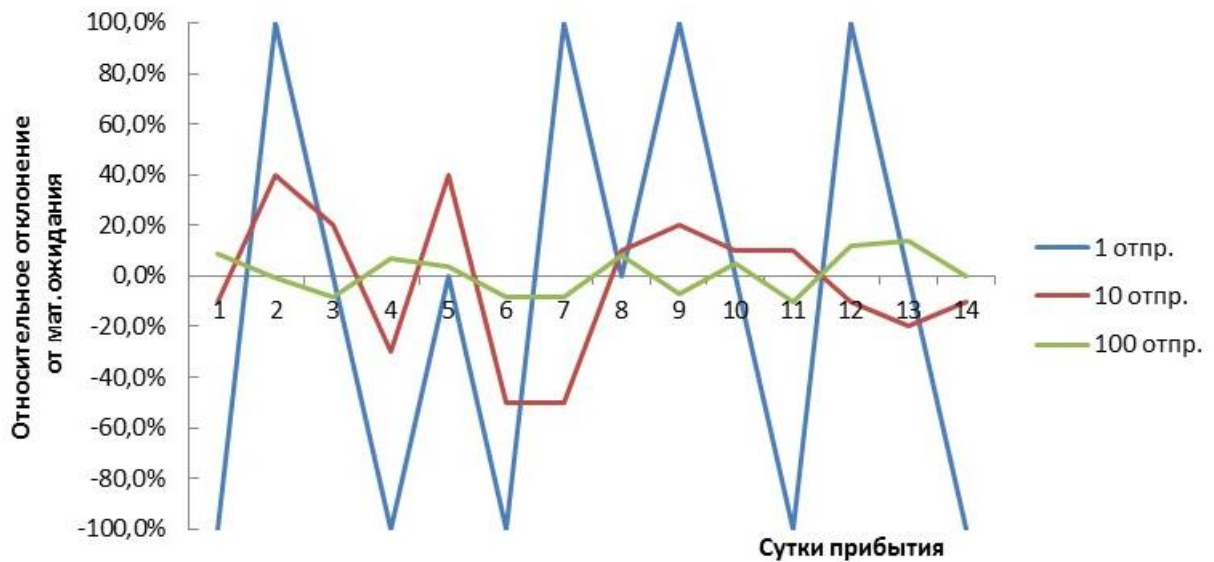


Рисунок 3.3 – Графики относительных колебаний количества прибывших вагонов по датам для струй мощностью 1, 10 и 100 отправок в сутки

Следовательно, среднесуточное значение количества отправок порожних вагонов в вагонопотоке влияет на долю вагонов в резерве [105,106]. Согласно теории управления запасами, для любой системы, использующей страховой запас как инструмент бесперебойного снабжения производства, зависимость оптимального темпа роста запасов и темпа роста спроса выглядит следующим образом [55,56,57,106]:

$$\frac{\Pi_T^3}{\Pi_0^3} = \sqrt{\frac{\Pi_T^c}{\Pi_0^c}} \quad (3.2)$$

где Π_T^3 , Π_0^3 – значение товарных запасов в текущем и базовом периоде соответственно;

Π_T^c , Π_0^c – значение спроса на товары в текущем и базовом периоде соответственно;

Если данную зависимость применить к вагонному парку, то она принимает следующий вид:

$$\frac{n_{\text{рез}}^{\text{п}}}{n_{\text{рез}}^0} = \sqrt{\frac{U_{\text{погр}}^{\text{п}}}{U_{\text{погр}}^0}} \quad (3.3)$$

где $n_{\text{рез}}^{\text{п}}$, $n_{\text{рез}}^0$ – значение количества вагонов в страховом резерве на станции спроса (погрузки) в планируемом и базовом периоде соответственно, вагонов;

$U_{\text{погр}}^{\text{п}}$, $U_{\text{погр}}^0$ – значение погрузки (спроса на вагоны) в планируемом и базовом периоде при условии подвода вагонов повагонными отправками соответственно, вагонов/сут.

Используя данную зависимость, можно определить значение рационального количества вагонов в страховом резерве для планируемого периода с учётом данных о рациональном размере страхового резерва в базовом периоде, а также значения погрузки в планируемом периоде относительно базового:

$$n_{\text{рез}}^{\text{п}} = n_{\text{рез}}^0 \sqrt{\frac{U_{\text{погр}}^{\text{п}}}{U_{\text{погр}}^0}} \quad (3.4)$$

Данная формула справедлива при подводе вагонов к станции погрузки исключительно повагонными отправками. Однако часто в составе вагонопотока вместе с повагонными отправками следуют групповые и маршрутные с различным количеством вагонов. В таких случаях следует использовать не размер погрузки, а отношение размера погрузки к корню квадратному от приведённого количества порожних отправок U_{np}^{omnp} , которое учитывает их влияние на стабильность вагонопотока:

$$U_{\text{пр}}^{\text{отпр}} = \frac{U_{\text{погр}}}{\sum_{i=1}^n (U_{\text{отпр}}^i \gamma^i)} \quad (3.5)$$

где n – количество отправок в составе суточного прибывающего порожнего вагонопотока;

$U_{\text{отпр}}^i$ – количество вагонов в i -ой отправке;

γ^i – доля вагонов в i -ой отправке от общего вагонопотока.

Если учесть, что $\gamma^i = \frac{U_{\text{отпр}}^i}{U_{\text{погр}}}$, то формула (3.5) принимает следующий вид:

$$U_{\text{пр}}^{\text{отпр}} = \frac{U_{\text{погр}}^2}{\sum_{i=1}^n (U_{\text{отпр}}^i)^2} \quad (3.6)$$

Подставив (3.6) в (3.4), после преобразований получим:

$$n_{\text{рез}}^{\text{п}} = n_{\text{рез}}^0 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{п}}} (U_{\text{отпр}}^i)^2}{\sum_{j=1}^{n_0} (U_{\text{отпр}}^j)^2}} \quad (3.7)$$

где n_0 , $n_{\text{п}}$ – количество отправок в базовом и планируемом варианте соответственно;

Время простоя вагонов в страховом резерве $t_{\text{рез}}^{\text{п}}$ зависит от размера резерва и среднесуточной погрузки:

$$t_{\text{рез}}^{\text{п}} = \frac{n_{\text{рез}}^{\text{п}}}{U_{\text{погр}}^{\text{п}}} \quad (3.8)$$

Используя данную зависимость и (3.7), можно определить планируемое время простоя вагонов в страховом резерве:

$$t_{\text{рез}}^{\text{п}} = \frac{t_{\text{рез}}^0 U_{\text{погр}}^0}{U_{\text{погр}}^{\text{п}}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{п}}} (U_{\text{отпр}}^i)^2}{\sum_{j=1}^{n_0} (U_{\text{отпр}}^j)^2}} \quad (3.9)$$

и планируемое время рейса порожнего вагона:

$$t_{\text{рейс}}^{\text{пор}} = \overline{t^{\text{пор}}} + t_{\text{рез}}^{\text{п}} \quad (3.10)$$

Если базовое значение простоя вагона в страховом резерве определено для единичной отправки (например, погрузка составляет 1 вагон), то формула (3.9) принимает следующий вид:

$$t_{\text{рез}}^{\text{п}} = \frac{t_{\text{рез}}^0}{U_{\text{порг}}^{\text{п}}} \sqrt{\sum_{i=1}^{n_{\text{п}}} (U_{\text{отпр}}^i)^2} \quad (3.11)$$

Таким образом, при наличии фактора неопределённости очевидна зависимость мощности вагонопотока и времени непроизводительного простоя вагонов в резерве в местах погрузки. Например, при увеличении среднесуточной погрузки с 1 до 4 вагонов простой вагонов в резерве сокращается в 2 раза при условии подсыла вагонов не связанными между собой повагонными отправлениями. Пример расчёта времени простоя вагонов в резерве представлен в приложении 3.

Зависимость времени простоя вагонов в резерве от количества отправок показана на рисунке 3.4 при детерминированном значении суточной погрузки в течение месяца.

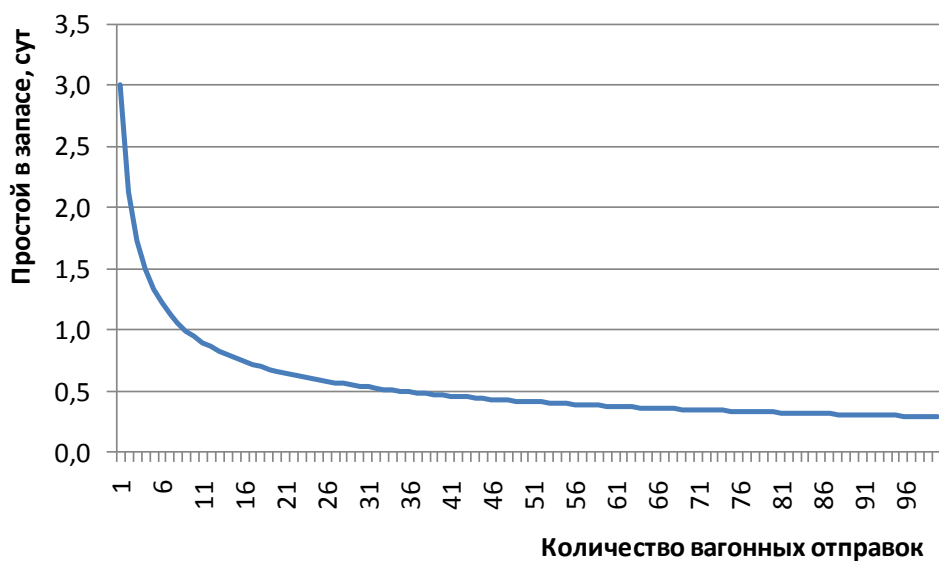


Рисунок 3.4 – Зависимость времени простоя одного вагона в страховом резерве от количества прибывающих порожних отправок

Анализ данной зависимости показывает, что рациональное время простоя вагонов в резерве резко сокращается при направлении порожних вагонов большим количеством отправок. Полученная зависимость справедлива, если отклонение времени прибытия вагонов от среднего значения связано исключительно со случайными событиями, не влияющими на время доставки других отправок.

Часто имеет место влияние технологических факторов сразу на несколько или на все группы отправок. Это, например, предоставление "окон" для ремонта пути, изменяющиеся погодные условия, корректировки графика движения поездов, плана формирования поездов и другие. В результате среднее время фактического прибытия всех вагонов может изменяться на какую-то величину в большую или меньшую сторону.

При расчётах рационального времени простоя вагонов в резерве необходимо учитывать данный фактор через дополнительное технологическое время $t_{техн}$, которое можно определить по итогам статистического анализа или экспертным путём [104,107].

Используя формулу (3.11), можно оценить зависимость доли парка вагонов, непроизводительно простаивающего в резерве на станции погрузки, от мощности вагонопотока.

Ниже показаны в графическом виде зависимости между среднесуточной погрузкой и резервом вагонов на станции (рисунки 3.5, 3.6), между погрузкой и производительностью вагона (рисунок 3.7)

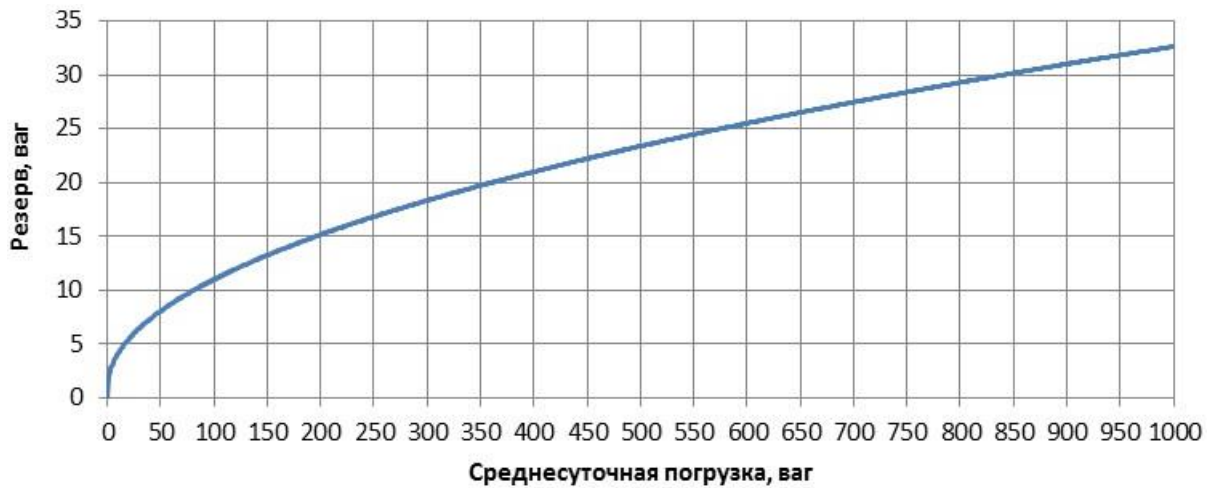


Рисунок 3.5– Зависимость размера резерва вагонов от среднесуточного количества отправок



Рисунок 3.6 – Зависимость доли парка вагонов в резерве от среднесуточного количества отправок



Рисунок 3.7 – Зависимость производительности вагона от среднесуточного количества отправок

Резерв вагонов на станции необходим для гарантированного обеспечения погрузки. Однако при отсутствии резерва вагонов их производительность будет выше. Если принять производительность вагона при обеспечении погрузки без резерва за 100%, что часто наблюдалось при дефиците вагонного парка, то можно оценить потери следующим образом:

$$K_{рез}^{исп} = \frac{W_{ваг}^{рез}}{W_{ваг}^0} \quad (3.12)$$

где $W_{ваг}^{рез}$ – производительность вагона при наличии рационального резерва вагонов на станции погрузки;

$W_{ваг}^0$ – производительность вагона при нулевом резерве вагонов на станции погрузки.

Зависимость коэффициента эффективности использования резерва вагонов $K_{рез}^{исп}$ от размеров среднесуточной погрузки показана на рисунке 3.8.

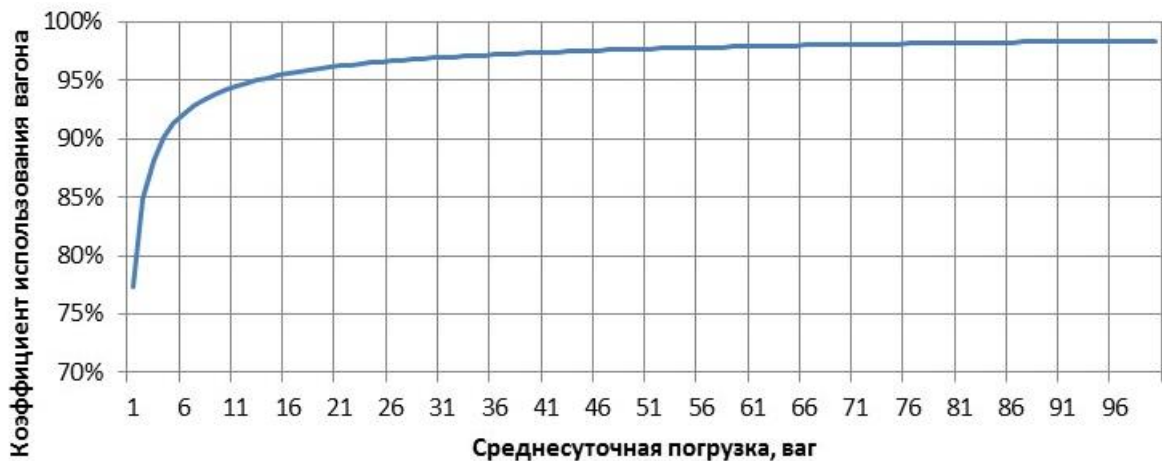


Рисунок 3.8 – Влияние размеров среднесуточной погрузки на эффективность использования вагонов

3.2. Влияние раздробленности парка вагонов по принадлежности на их простой в страховом резерве

При обеспечении погрузки на станции несколькими операторами страховой резерв вагонов формируется ими независимо друг от друга. Это приводит к существенному увеличению простоя вагонов, т.к. отклонения количества прибывающих порожних вагонов для каждого оператора будут больше, чем для общего вагонопотока (см. рисунок 3.3).

Используя зависимость (3.9), можно сделать оценку о влиянии раздробленности парка вагонов на непроизводительный простой вагонов. Соотношение простоя вагонов в страховом резерве при обеспечении погрузки n -ным количеством операторов $t_{n \text{ рез}}^{\text{смпх}}$ к простоям при обеспечении одним оператором $t_{1 \text{ рез}}^{\text{смпх}}$ будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{t_{\text{рез}}^z}{t_{\text{рез}}^1} = \frac{U_{\text{погр}}^1}{U_{\text{погр}}^n} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_z} (U_{\text{отпр}}^i)^2}{\sum_{j=1}^{n_1} (U_{\text{отпр}}^j)^2}} \quad (3.13)$$

где n_1, n_z – количество отправок в составе прибывающего порожнего вагонопотока соответственно общее и у отдельного оператора;

$t_{\text{рез}}^1, t_{\text{рез}}^z$ – рациональное время простоя вагона в страховом резерве соответственно общее и у отдельного оператора;

$U_{1 \text{ погр}}^n, U_{z \text{ погр}}^n$ – планируемая погрузка станции соответственно общая и у отдельного оператора (ваг/сут);

Если подвод порожних вагонов выполнять только повагонными отправками, то формула (3.13) принимает следующий вид:

$$\frac{t_{n \text{ рез}}^n}{t_{1 \text{ рез}}^n} = \sqrt{\frac{U_{1 \text{ погр}}^n}{U_{z \text{ погр}}^n}} \quad (3.14)$$

Используя (3.14), можно выполнить анализ зависимости увеличения времени простоя вагонов в страховом резерве от увеличения количества операторов, обеспечивающих погрузку на станции порожними вагонами. Например, если при среднесуточной погрузке 16 вагонов вместо одного оператора заказывать вагоны у четырёх в равных долях, то простой вагонов в страховом резерве увеличится в 2 раза:

$$\frac{t_{n \text{ рез}}^{\Pi}}{t_{1 \text{ рез}}^{\Pi}} = \sqrt{\frac{16}{4}} = 2$$

На рисунке 3.9 показано изменение времени простоя вагонов в резерве при увеличении количества операторов.

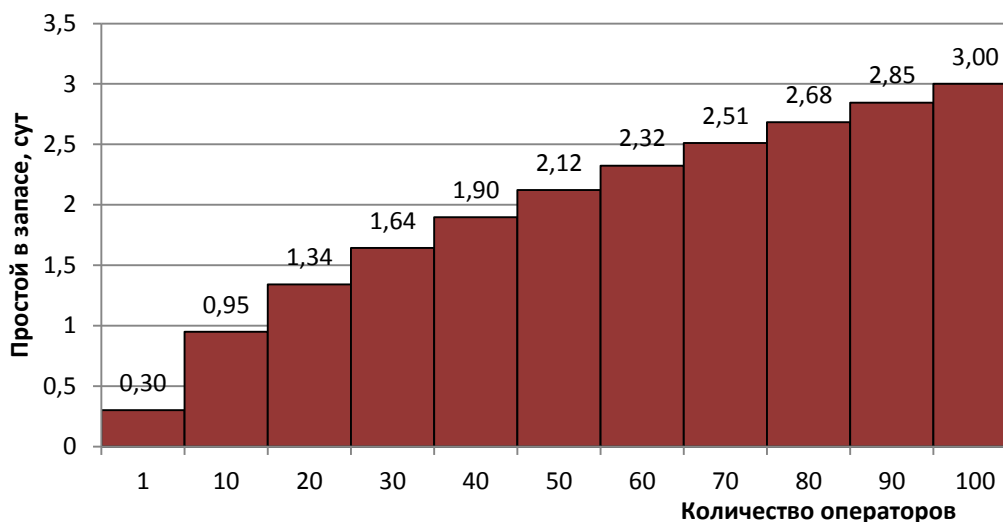


Рисунок 3.9 – Зависимость времени простоя одного вагона в резерве от количества операторов при общем значении погрузки 100 вагонов в сутки.

3.3. Выводы по главе 3

1. Разработана методика определения рационального размера страхового резерва вагонов в местах погрузки, в которой использована зависимость, доказанная в теории управления запасами, между темпом роста спроса на продукцию и темпом роста страхового запаса. При этом

учитываются особенности работы железнодорожного транспорта, когда обеспечение погрузки, как правило, имеет характер непрерывного ежесуточного потока, а в одной отправке может быть различное количество вагонов.

2. Выполнены исследования влияния количества операторов, обеспечивающих погрузку станции, на эксплуатационные показатели использования грузовых вагонов. Установлена зависимость между рациональным временем простоя вагонов в страховом резерве и количеством операторов, обеспечивающих погрузку на станции, которая доказывает целесообразность сокращения количества независимо управляемых друг от друга парков грузовых вагонов.

ГЛАВА 4. МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ВАГОННЫМИ ПАРКАМИ В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ

4.1. Планирование показателей работы парка собственных вагонов в условиях наличия неопределённости

Планирование – неотъемлемая часть любого механизма хозяйственного управления, с помощью которого достигаются цели выполнения всех производственных операций на основе их сбалансированности и последовательности [108,109]. При управлении парком вагонов это является необходимым условием для своевременной подготовки и последующего содержания парка вагонов к предстоящим перевозкам, выстраиванию взаимоотношений с клиентами и партнёрами, организации системы управления перевозками, а также создания производственных резервов.

Главным элементом управления является выработка и принятие решений, которое базируется на анализе оперативной и прогнозной ситуации на рынке перевозок, выявлении существующих тенденций экономического развития и возможных рисков. Тесная связь между прогнозированием, планированием и оперативной работой обеспечивает получение высоких финансовых и эксплуатационных показателей.

Процесс планирования проходит в несколько взаимосвязанных этапов:

1. Определение целей планирования;
2. Анализ проблем и рисков;
3. Поиск решений;
4. Определение потребностей в ресурсах;
5. Оценка и корректировка этапов 3 и 4;
6. Согласование и утверждение плана.

В совокупности все вышперечисленные этапы составляют систему планирования.

Для совершенствования существующей системы планирования работы парка вагонов необходимо эффективное управление возникающими рисками, в том числе связанными с изменением объёмов перевозок и скоростью пропуска вагонопотоков [110].

Основные приёмы при управлении рисками:

- избежание риска – уклонение от мероприятия или изменение технологии процесса, связанного с риском;
- удержание риска – оставление риска за инвестором (предполагая покрытие возможных убытков за счёт резервных средств инвестора);
- передача риска – передача ответственности за риск клиентам, страховой компании и др.;
- снижение степени риска – уменьшение вероятности потерь и сокращение ожидаемого их объёма.

Общий принцип выявления и анализа рисков представлен на рисунке 4.1.

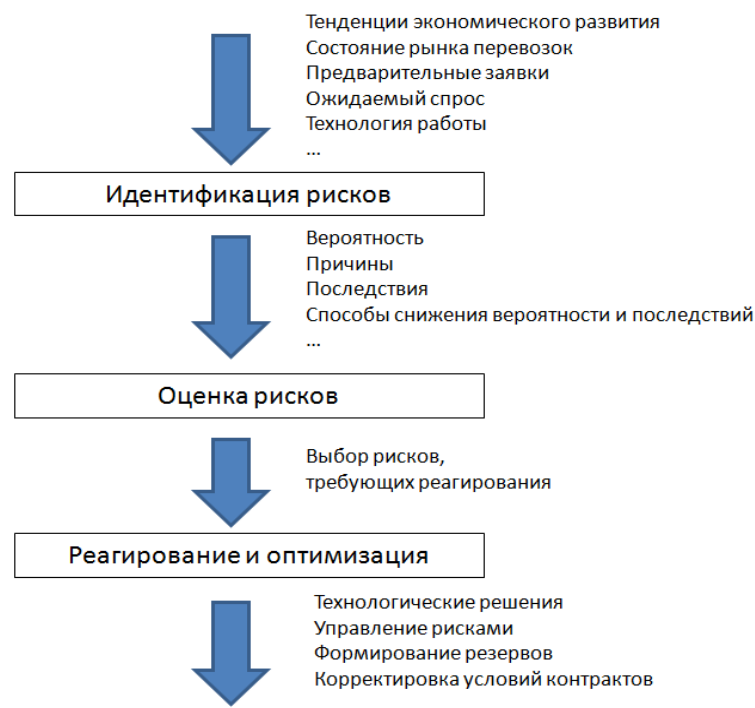


Рисунок 4.1 – Общий принцип управления рисками

Избежание риска или его сокращение за счёт совершенствования технологии эксплуатационной работы, очевидно, является приоритетным направлением. Снижение рисков при обеспечении погрузки возможно при сокращении влияния фактора неопределённости (см. п. 2.7).

При отсутствии возможности избежать рисков необходимо ими управлять, начиная со стадии формирования месячного плана перевозок. Для этого необходимо производить оценку рисков (вероятностей) изменения объёмов перевозок по каждой корреспонденции и времени следования по ним в большую и меньшую сторону. Их оценка возможна на основе статистических данных исполнения предыдущих планов, опросов грузоотправителей и экспертным методом.

Расчёт параметров месячного плана перевозок с учётом рисков при обеспечении погрузки возможен на основе методики, представленной во 2 и 3 главах. Результаты расчётов позволяют определить время простоя вагонов в резерве $t_{зан}^{срpx}$.

Таким образом, для нормирования времени оборота вагонов необходимо учитывать время простоя в резерве. Тогда трёхчленная формула расчёта оборота вагонов (см. [10]) принимает следующий вид:

$$Q_6 = \frac{1}{24} \left(\frac{l}{V_{уч}} + \frac{l}{L_{mex}} t_{mp} + t_{pez} k_{нозр} + t_{zp} k_m \right) \quad (4.1)$$

где l – полный рейс вагона, км;

$V_{уч}$ – участковая скорость, км/час;

L_{mex} – вагонное плечо, км;

t_{mp} – технологическое время простоя вагона, приходящееся на одну грузовую операцию (без учёта простоя в резерве на станции погрузки), час;

t_{zp} – технологическое время простоя вагона, приходящееся на одну грузовую операцию (без учёта простоя в резерве на станции погрузки), час;

k_m – коэффициент местной работы;

$t_{рез}$ – среднее время простоя вагонов в резерве в ожидании погрузки;
 $k_{ногр}$ – коэффициент погрузки:

$$k_{ногр} = \frac{U_n}{U} \quad (4.2)$$

где U_n – погрузка полигона, ваг;

U – работа полигона, ваг.

Учёт возможных рисков на стадии месячного планирования позволит находить наиболее взвешенные значения эксплуатационных и, в дальнейшем, финансовых показателей работы компании при управлении парком вагонов, в том числе:

- погрузка вагонов;
- порожние вагонопотоки;
- оборот вагона;
- рабочий парк вагонов;
- среднесуточный доход вагона;
- общие затраты на оплату провозных платежей порожних вагоноотправок;
- другие.

В процессе реализации месячного плана возможна корректировка объёмов перевозок и актуализация возможных рисков при их выполнении. Причинами корректировки плана могут быть изменения параметров грузовой базы, изменения рыночной конъюнктуры, другие факторы [111].

4.2. Преимущества консолидированного управления парком вагонов

Анализ эффективности использования полувагонов (п. 1.5) и зависимости количества отправок от времени простоя вагонов в резерве на станциях погрузки (п. 3.2) указывает на целесообразность частичной или полной консолидации парка вагонов под единым управлением. Тенденция укрупнения в настоящее время наблюдается и на рынке операторских услуг за счёт слияния и поглощения компаний.

Существенное влияние на рынок перевозок оказывают попытки ОАО «РЖД» по созданию консолидированного парка полувагонов. Это парки «АГ», «ВСП», «КП» [112].

Парк «АГ» – полувагоны, привлечённые ОАО «РЖД» под управление по «агентской схеме» в период с марта 2011 г. по апрель 2012 г. у дочерних компаний ОАО «РЖД».

Парк «ВСП» – вагоны собственные, привлечённые у ООО «ВГК» (позже ООО «ФГК») с ноября 2011 г. до июля 2013 г.

Парк «КП» – технологический аутсорсинг, при котором управление собственными вагонами выполняется ОАО «РЖД» по принципу балансового метода. Период существования парка с января 2013 г. по декабрь 2013 г.

Все три попытки не получили дальнейшего развития из-за отрицательного финансового результата. При этом эксплуатационные показатели использования вагонов в парках «ВСП» и «КП» были существенно лучше, чем у операторов подвижного состава. Например, оборот вагона улучшен на 2–3 суток, производительность вагона на 20–30% (см.[3]), что подтверждает правильность выводов, сделанных в главе 3.

Как было рассмотрено в главе 2, данный эффект был достигнут, в первую очередь, за счёт минимизации рисков, связанных с неопределённостью при планировании погрузки и времени следования вагонов, ускорения пропуска порожних вагонопотоков, в том числе, за счёт их маршрутизации.

Парадокс получения убытков при улучшении технологических показателей использования вагонов можно объяснить ограниченными возможностями ОАО «РЖД» при коммерческой работе с клиентами. Так, стоимость использования вагонов была привязана к прейскуранту 10-01, и лишь позже было разрешено предоставлять небольшую скидку в 10% (см.[76,81]). При этом рынок перевозок неоднороден и имеет большой разброс себестоимости услуг.

Например, среднесуточная себестоимость пользования вагонами на корреспонденциях с большей скоростью пропуска будет дешевле. Также большое значение имеет направление. Если погрузка осуществляется в направлении следования порожних вагонопотоков, то стоимость пользования вагонами может быть в 1,5-2 раза дешевле.

В результате перевозки, имеющие себестоимость пользования вагоном существенно ниже прейскуранта 10-01 за счёт предоставления скидок, забрали другие операторы подвижного состава. А перевозки с высокой себестоимостью достались ОАО «РЖД» (рисунок 4.2).

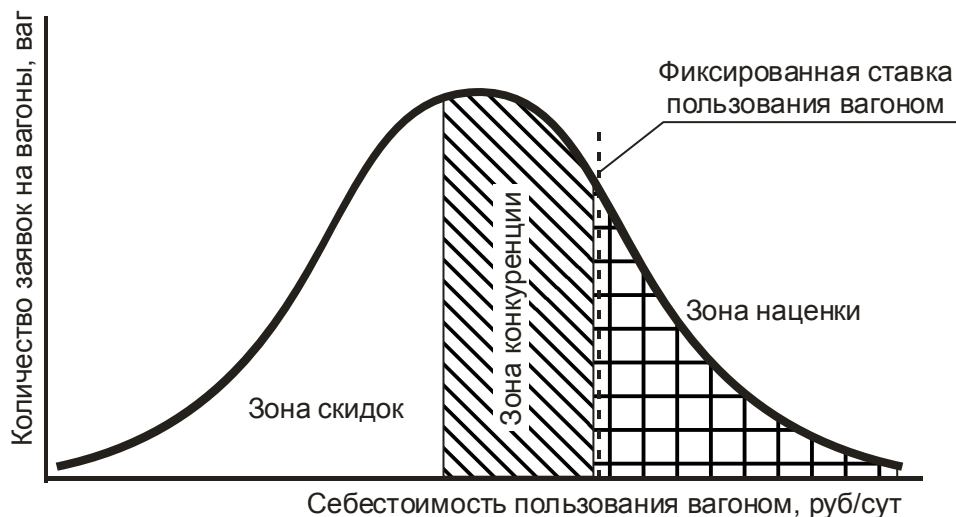


Рисунок 4.2 – Эффективность фиксированной ставки пользования вагоном в рыночных условиях

Компенсация расходов при выполнении убыточных перевозок с высокой себестоимостью стала невозможной из-за ухода высокоприбыльных перевозок к операторам подвижного состава.

Тем не менее, имеющийся технологический резерв повышения эффективности использования вагонов может дать положительные экономические результаты при качественной организации коммерческой работы.

Таким образом, очевидно, что нужна новая технология, в которой бы сочетались эффективное управление парком вагонов и реализация основных рыночных принципов.

В этой связи принципиально новой организационной структурой по эффективному управлению собственными грузовыми вагонами может стать компания, управляющая консолидированным парком вагонов разных собственников.

Экономическая эффективность данной компании заключается в повышении доходности парка вагонов за счёт снижения себестоимости предоставления услуг и реализации рыночных принципов работы с клиентами [113,114].

4.3. Нормирование работы парка вагонов оператора с учётом фактора неопределённости

Для повышения эффективности управления парком вагонов необходимо совершенствование системы планирования и нормирования производственной деятельности компании. Также необходимо предъявление дополнительных требований к качеству услуг перевозчика, в том числе повышение предсказуемости перевозок, предоставление дополнительных услуг и снижение себестоимости. Это, например, предоставление стандартной практически для любого перевозчика услуги доставки «Точно в срок».

Целью месячного нормирования показателей работы парка вагонов является увеличение их среднесуточной доходности за счёт повышения оптимальности распределения вагонных ресурсов. Реализация данного процесса невозможна без реализации следующих задач:

- формирование месячного технического плана для парка вагонов оператора;
- контроль исполнения месячного плана перевозок в течение месяца и по его итогам;
- мониторинг отклонений фактических показателей перевозок от плановых (среднесуточных) для отдельных корреспонденций.

При этом необходимо иметь следующие исходные данные:

- перечень гружёных и порожних корреспонденций на плановый месяц;
- нормативно-справочную информацию:
 - 1) план формирования поездов;
 - 2) технологическое время простоя вагона на станциях грузовых операций, в том числе в страховом резерве;
 - 3) технологическое время простоя вагонов с переработкой и без переработки на технических станциях;
 - 4) технологическое время следования вагонов по железнодорожным участкам между станциями и стыками дорог России, стран СНГ и Балтии;
- показатели работы парка вагонов по исполненным перевозкам, в том числе:
 - 1) поэлементный простой вагонов на станциях грузовых операций, включая простой в страховом резерве;
 - 2) простой на технических станциях с переработкой и без переработки;
 - 3) время следования отправок вагонов по корреспонденциям;

4) время простоя вагонов в составе брошенных и отставленных от движения поездов.

Расчёт фактического простоя вагонов в страховом резерве возможен только логически, т.к. нет технологических операций или однозначных моментов времени перехода вагона в страховой резерв и выхода из него. А если учесть, что длительный простой вагонов в ожидании погрузки возможен по разным причинам (например, дефицит маневровых локомотивов), то для реальной оценки времени простоя вагонов в страховом резерве потребуется дополнительный сбор сведений и проведение соответствующего анализа. При этом возможности автоматического ведения расчёта и диспетчерского контроля становятся ограниченными.

При формировании плана перевозок возможна автоматизация следующих процессов:

- расчёт предварительных месячных показателей работы парка вагонов по заданным критериям;
- формирование технических показателей работы парка вагонов под управлением оператора на плановый месяц;
- контроль выполнения технических показателей работы парка вагонов в течение месяца;
- мониторинг отклонений показателей пропуска корреспонденций от фактических.

4.4. Предварительная оценка эффективности консолидации парка вагонов

Процесс формирования консолидированного парка вагонов под управлением единого координатора невозможен без расчёта предварительной оценки эффективности данного решения. Порядок технико-экономической оценки должен определяться исходя из:

- конкретного парка вагонов, передаваемого для оказания услуги технологического аутсорсинга;
- планируемых объёмов перевозок, заявленных или предварительно согласованных с клиентами на использование вагонов собственника под перевозки грузов, в том числе:
 - 1) видов (родов) грузов, под перевозку которых будут использованы вагоны собственника;
 - 2) маршрутов и корреспонденций перевозок грузов, на которых будут использованы вагоны собственника;
 - 3) иных условий, необходимых для выполнения перевозочного процесса с использованием вагонов собственника;
- возможных рисков при выполнении заявленных и согласованных объёмов перевозок.

На основе вышеперечисленных данных и модели сети железных дорог формируется план перевозок порожних вагонов между станциями выгрузки и погрузки. Способы формирования плана перевозок выбираются в зависимости от объёма и особенностей грузовой базы и технологии его дальнейшей реализации, например:

- решение задачи методами линейного программирования с последующей корректировкой результатов;
- экспертный, на основе опыта выполнения фактических перевозок, и разработанной логистики вагонопотоков;
- последовательное занятие наиболее дешёвых перевозок;
- другие.

По итогам формирования плана обеспечения производится расчёт баланса грузовой базы и планируемого парка вагонов рабочего парка. Количество вагонов рабочего парка:

$$n_{\text{общ}} = \frac{n_{\text{раб}}}{(1 - \gamma_{\text{НРП}})}; \quad (4.3)$$

где $n_{\text{общ}}$ – планируемый общий парк вагонов;

$\gamma_{\text{НРП}}$ – доля нерабочего парка в общем парке вагонов, определяется на основе статистики по выбранному роду подвижного состава, его техническому состоянию или экспертным путём.

Среднесуточный рабочий парк вагонов рассчитывается как сумма произведений вагоно–часов гружёных и порожних рейсов на их количество, делённая на количество суток в плановом периоде:

$$n_{\text{раб}} = \frac{\sum_i (n_i \cdot t_i^{\text{сп}}) + \sum_j (n_j \cdot t_j^{\text{пор}})}{T_{\text{пер}}} \quad (4.4)$$

где i – количество гружёных корреспонденций;

j – количество порожних корреспонденций;

n_i, n_j – количество вагонов i -ой или j -ой корреспонденции соответственно;

$t_i^{\text{сп}}, t_j^{\text{пор}}$ – время гружёного или порожнего рейса соответственно, час;

$T_{\text{пер}}$ – количество суток в плановом периоде.

По итогам расчётов планируемый парк вагонов приводится в соответствие с грузовой базой.

Планируемая среднесуточная доходность гружёного вагона:

$$D_{\text{ваг}}^{\text{ср-сут}} = (\sum T_{\text{инв}}^{\text{груз}} - \sum T_{\text{приват}}^{\text{груз}} - \sum T_{\text{приват}}^{\text{пор}}) / (n_{\text{сут}} \cdot n_{\text{ваг}}); \quad (4.5)$$

где $n_{\text{сут}}$ – количество суток в расчётном периоде.

Для расчёта среднесуточной доходности вагона рабочего парка используется коэффициент нерабочего парка ($K_{\text{нрп}}$):

$$D_{\text{ваг_рп}}^{\text{ср-сут}} = D_{\text{ваг}}^{\text{ср-сут}} \cdot (1 - K_{\text{нрп}}) \quad (4.6)$$

На основе расчётной среднесуточной доходности вагона принимаются решения об условиях оказания услуг технологического аутсорсинга.

Для технологического контроля использования вагонов необходимо определить основные проектные эксплуатационные показатели использования вагонов.

Коэффициент порожнего пробега как отношение суммы вагоно-километров порожних рейсов вагонов к грузёным:

$$\beta_{\text{пор}} = \frac{\sum_{j=1}^j n_j \cdot t_{\text{рейса}}^{\text{пор}}}{\sum_{i=1}^i n_i \cdot t_{\text{рейса}}^{\text{груз}}} \quad (4.7)$$

Средняя дальность грузёного ($L_{\text{ср}}^{\text{груз}}$) и порожнего рейса ($L_{\text{ср}}^{\text{пор}}$):

- для грузёного рейса как частное от деления грузёных вагоно-километров на количество грузёных вагоноотправок:

$$L_{\text{ср}}^{\text{груз}} = \frac{\sum_{i=1}^i n_i \cdot l_{\text{рейса}}^{\text{груз}}}{\sum_{i=1}^i n_i} \quad (4.8)$$

- для порожнего рейса как частное от деления порожних вагоно-километров на количество порожних вагоноотправок:

$$L_{\text{ср}}^{\text{пор}} = \frac{\sum_{j=1}^j n_j \cdot l_{\text{рейса}}^{\text{пор}}}{\sum_{j=1}^j n_j} \quad (4.9)$$

Оборот вагона рабочего парка ($Q_{\text{ваг}}$):

$$Q_{\text{ваг}} = n_{\text{раб}} / \sum_{i=1}^i n_i ; \quad (4.10)$$

4.5. Технология виртуальной сортировки порожних вагонов

При переходе от балансового метода управления порожними вагонопотоками к рыночному основные изменения коснулись порядка направления порожних вагонов на станции погрузки. Если раньше передача порожняка осуществлялась в порядке регулировочных заданий с использованием балансового метода, а станции погрузки определялись диспетчерским персоналом на стадии сменно–суточного планирования, то в настоящее время заадресовка порожнего вагона оформляется по полным перевозочным документам с указанием станции назначения и получателя вагона. В таких условиях распределение порожних вагонов на станции погрузки стало выполняться не на стадии сменно–суточного планирования, а гораздо раньше (до 7 суток и более) в зависимости от времени порожнего рейса.

Из-за наличия станций назначения у всех порожних вагонов увеличился объём сортировочной и маневровой работы на технических и грузовых станциях. Порожние вагоны одного типа и одного собственника приходится перерабатывать в соответствии с назначением независимо от их расположения на станционных путях и в составе поезда. При этом для получателя важен своевременный подвод вагонов определённого типа и конструктивных особенностей без какой–либо привязки к номеру.

Объём маневровой работы может быть снижен при переходе от жёсткой привязки вагонов к станциям назначения к гибкой, когда допускается изменение назначений порожних вагонов одного типа и конструктивных особенностей.

При виртуальном перераспределении порожних вагонов по станциям назначения необходимо учитывать не только тип подвижного состава, но и

конструкционные особенности вагонов по грузоподъёмности, объёму кузова и другие. Для этого необходимо предварительно выполнить декомпозицию:

- парка грузовых вагонов по всем параметрам, которые учитываются при распределении порожних вагонов под погрузку;
- заявок на погрузку по допустимым параметрам вагонов.

Это позволит для таких вагонов заменить их физическую перестановку путём выполнения маневровой работы изменением в сопровождающих вагон документах станции назначения и получателя.

Такая виртуальная сортировка порожних вагонов позволит:

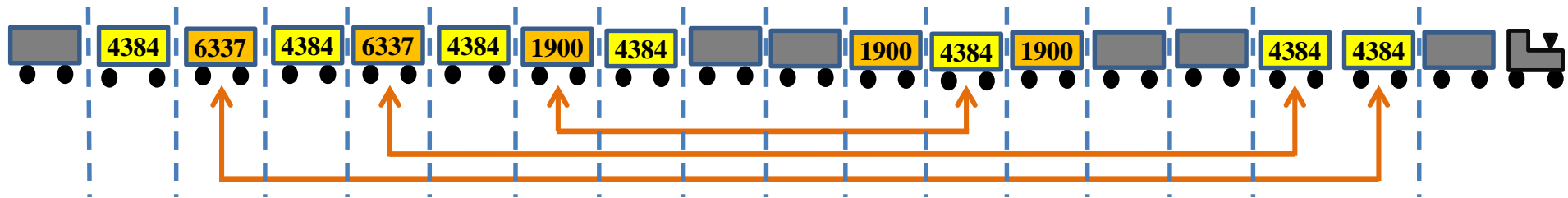
- сократить объём маневровой работы на станциях выполнения грузовых операций за счёт частичной виртуальной подборки групп вагонов для прицепки и подачи;
- сократить объём и ускорить выполнение сортировочной работы на технических станциях за счёт сокращения количества отцепов в составах поездов;
- сократить время накопления составов за счёт виртуального формирования замыкающих групп и/или виртуального сгущения подвода вагонов для накапливаемого назначения;
- повысить дальность следования технических маршрутов за счёт формирования поездов более дальних назначений при виртуальном сгущении подхода порожних вагонопотоков определённого назначения.

Переход на данную технологию будет выгоден и крупным операторам вагонов, т.к. появится возможность заменять неактуальные станции назначения порожних вагонов актуальными, оперативно восполнять потери погрузочных ресурсов в рамках ограничений, задаваемых планом формирования поездов и другими нормативными документами, определяющими условия организации местной работы и работы станций.

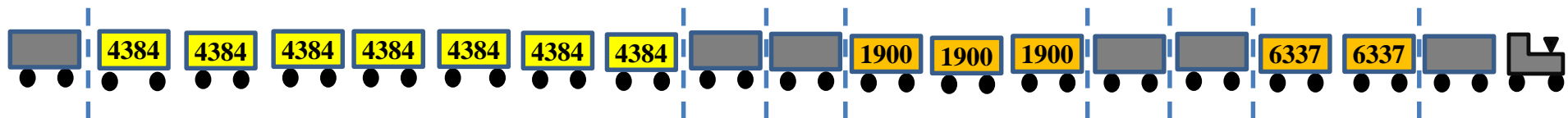
Это также позволит сократить риски, связанные с неравномерностью пропуска порожних вагонопотоков и возможных изменений планов погрузки

при многосуточном планировании подвода порожних вагонов под погрузку. Учитывая тенденцию укрупнения операторских компаний, эффективность использования данной технологии будет увеличиваться, т.к. будет возрастать доля вагонов отдельных операторов в общем вагонопотоке.

Анализ размеченных натуральных листов грузовых поездов, содержащих порожние полувагоны ОАО «ПГК», показал целесообразность выполнения виртуальной сортировки назначений для них даже в рамках одного поезда. Так, в отдельных случаях (рисунок 4.3), возможно сокращение количества отцепов в составе поезда на 6–7, что позволит увеличить скорость роспуска состава на сортировочной станции. Также технология виртуальной сортировки позволит сократить объёмы маневровой работы на станции, когда подбор групп порожних вагонов для подачи на грузовой фронт, прицепки к поезду и других операций будет производится путём виртуальной перестановки назначений вагонов в электронных документах, а не самих вагонов.



После виртуального перемещения пакетов электронных перевозочных документов между порожними вагонами одного типа и одного оператора количество отцепов в составе поезда сократилось на 8



Условные обозначения:



- группа вагонов, кроме порожних полувагонов ОАО «ПГК»;



- группа вагонов из порожних полувагонов ОАО «ПГК» с указанием ЕСП станции назначения;



- границы между отцепами в составе поезда;



- виртуальная сортировка вагонов с заменой их назначений.

Рисунок 4.3. Сокращение количества отцепов на примере конкретного поезда.

Целевая функция эффективной виртуальной сортировки порожних вагонов должна обеспечивать минимизацию количества групп вагонов одного назначения в составах поездов и на станционных путях:

$$S = k_{\text{отц}}^{\text{сорт}} n_{\text{отц}}^{\text{сорт}} + k_{\text{приц}}^{\text{местн}} n_{\text{приц}}^{\text{местн}} + k_{\text{отц}}^{\text{местн}} n_{\text{отц}}^{\text{местн}} + k_{\text{под}}^{\text{гр}} n_{\text{под}}^{\text{гр}} \rightarrow \min \quad (4.11)$$

где $k_{\text{отц}}^{\text{сорт}}, n_{\text{отц}}^{\text{сорт}}$ – соответственно весовой коэффициент и количество отцепов в составе поезда или на станционных путях (под накоплением);

$k_{\text{приц}}^{\text{местн}}, n_{\text{приц}}^{\text{местн}}$ – соответственно весовой коэффициент и количество групп вагонов на станционных путях к прицепке в соответствии с планом формирования;

$k_{\text{отц}}^{\text{местн}}, n_{\text{отц}}^{\text{местн}}$ – соответственно весовой коэффициент и количество групп вагонов в составе поезда или под накоплением к отцепке на станции назначения или базовой станции;

$k_{\text{под}}^{\text{гр}}, n_{\text{под}}^{\text{гр}}$ – соответственно весовой коэффициент и количество групп вагонов в составе поезда или на станционных путях к подаче на грузовой фронт;

Учитываются следующие ограничения:

– обеспечение своевременного подвода порожних вагонов на станции назначения:

$$t_{\text{приб}}^{\text{пл}} \geq t_{\text{расч}} + t_{\text{рейс}}^{\text{пор}} \quad (4.12)$$

– новая станция назначения вагона должна удовлетворять требованиям плана формирования грузовых поездов и других нормативных документов, определяющих условия организации местной работы и работы станций:

$$e'_j \in E_{ij} \quad (4.13)$$

– подвода на станцию погрузки j требуемого количества вагонов в соответствии с заявками отправителей по периодам планирования t :

$$\sum_{i=1}^n x(t)'_i = q(t) \quad (4.14)$$

– не превышения наличной пропускной и перерабатывающей способности используемых объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» и путей необщего пользования по периодам планирования t :

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x(t)'_{ij} \leq N_k(t) \quad (4.15)$$

где k – количество используемых объектов железнодорожной инфраструктуры;

– соответствие конструктивных особенностей вагона (тип, модель, характеристики модели) дополнительным требованиям заявки на погрузку:

$$h'_j \in H_j \quad (4.16)$$

– достаточности остаточного пробега вагона до планового ремонта для выполнения планируемой перевозки:

$$l_{\text{ост}}^{\text{ваг}} \geq (l_{\text{пор}}^{\text{ост}} + l_{\text{гр}}^{\text{пл}}) \quad (4.17)$$

где $t_{\text{приб}}^{\text{пл}}$ – предполагаемая дата погрузки или плановое время прибытия вагона под погрузку, час;

$t_{\text{расч}}$ – время расчёта, час;

$t_{\text{рейс}}^{\text{пор}}$ – планируемое время доставки вагона от текущего состояния до станции назначения, час.

e'_j – код станции назначения j порожнего вагона после операции «виртуальная сортировка»;

E_{ij} – допустимые диапазоны кодов станций назначения вагона, зависящие от текущей дислокации i , технологического состояния, плана формирования грузовых поездов, технологии организации местной работы;

$x(t)'_{ij}$ – количество вагонов, следующих со станции i на станцию j после выполнения виртуальной сортировки по периодам планирования t ;

$q(t)$ – функция спроса на порожние вагоны по станции j по периодам планирования t ;

$N_k(t)$ – возможности по пропуску или переработке порожних вагонопотоков объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» по периодам планирования t ;

h'_j – параметры вагона, направленного на станцию j после виртуальной сортировки;

H_j – множество допустимых параметров вагона для заявки на погрузку по станции j ;

$l_{\text{ост}}^{\text{ваг}}$ – остаточный пробег вагона до планового ремонта, км;

$l_{\text{пор}}^{\text{ост}}$ – расстояние от текущей дислокации вагона до станции погрузки, км;

$l_{\text{гр}}^{\text{пл}}$ – расстояние планируемого груженого рейса вагона в соответствии с заявкой на погрузку, км.

Планируемое время доставки вагона $t_{\text{рейс}}^{\text{пор}}$ может быть рассчитано по методике, предложенной во 2 и 3 главах.

Перестановка назначений должна производиться в массиве порожних вагонов одного оператора (или консолидированного парка нескольких операторов), принятых к перевозке и не поданных на пути необщего пользования. По сути это – уточнение распределения вагонов по станциям погрузки с учётом их текущего состояния с целью сокращения расходов ОАО «РЖД» на выполнение перевозки при сортировочной и маневровой работе и сокращения непроизводительных операций с порожними вагонами, возникающими из-за корректировки плана грузовой работы и неравномерности продвижения вагонопотоков.

Расчёт стоимости порожнего рейса при реализации технологии виртуальной сортировки должен выполняться по фактическому расстоянию, которое прошёл порожний вагон.

Учитывая сложность технологии виртуальной сортировки порожних вагонов, целесообразно организовать её внедрение в несколько этапов (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Этапы внедрения, технологические и экономические эффекты от реализации технологии виртуальной сортировки порожних вагонов

| № п/п | Наименование | Технологический эффект | Экономический эффект, млн. руб./год |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Виртуальная сортировка в ручном режиме и в составе одного поезда | Сокращение и ускорение сортировочной работы за счёт сокращения количества отцепов в составе поезда. | Сокращение расходов ОАО «РЖД» при организации пропуска вагонопотоков 150 млн. руб./год Увеличение выручки ОАО «РЖД» 40 млн.руб/год. |
| 2 | Виртуальная сортировка в массиве поездов, следующих в расформирование на одну сортировочную станцию | Сокращение и ускорение сортировочной работы за счёт сокращения количества отцепов в составе поезда. Формирование поездов повышенной транзитности | Сокращение расходов ОАО «РЖД» при организации пропуска вагонопотоков 400 млн. руб. Увеличение выручки ОАО «РЖД» 70 млн.руб/год. |
| 3 | Виртуальная сортировка для порожних вагонов, следующих в местном сообщении | Сокращение объёма маневровой работы на станциях с порожними вагонами в местном сообщении | Сокращение расходов ОАО «РЖД» при организации пропуска вагонопотоков 250 млн. руб. Увеличение выручки ОАО «РЖД» 20 млн.руб/год. |
| 4 | Виртуальная сортировка для порожних вагонов на сетевом уровне с перераспределением порожних вагонов в масштабах сети в соответствии с заданными ограничениями | Сокращение и ускорение сортировочной работы за счёт сокращения количества отцепов в составе поезда. Формирование поездов повышенной транзитности. Замена части неактуальных назначений порожних вагонов актуальными, подвод порожних вагонов к срочным заявкам и восполнение потерь погрузочного ресурса, | Сокращение расходов ОАО «РЖД» при организации пропуска вагонопотоков 600 млн. руб. Увеличение выручки ОАО «РЖД» 310 млн.руб/год. |
| 5 | Виртуальная сортировка для порожних вагонов разных собственников | ускоренного формирования составов за счёт виртуального сгущения подвода вагонов заданных назначений к сортировочной станции. | Сокращение расходов ОАО «РЖД» при организации пропуска вагонопотоков 200 млн. руб. Увеличение выручки ОАО «РЖД» 80 млн.руб/год. |
| Итого | | Сокращение расходов ОАО «РЖД» при организации пропуска вагонопотоков 1 600 млн. руб. Увеличение выручки ОАО «РЖД» 520 млн.руб/год. | |

4.6. Выводы по главе 4

1. Разработана методика нормирования показателей работы парка грузовых вагонов с учётом фактора неопределённости, в том числе расчёт нормы времени оборота вагонов с учётом их простоя в резерве в местах погрузки.

2. Обобщён опыт ОАО «РЖД» по управлению консолидированным вагонным парком. Отмечена целесообразность консолидации управления парком грузовых вагонов в единой логистической компании. Экономическая эффективность последней заключается в повышении доходности парка вагонов за счёт снижения себестоимости предоставления услуг и реализации рыночных принципов работы с клиентами.

3. Впервые разработаны критерии для разработки и внедрения технологии виртуальной сортировки порожних вагонов в пути следования, при которой используется гибкая привязка порожних вагонов к станциям планируемой погрузки, а назначения порожних вагонов перераспределяются таким образом, чтобы обеспечить сокращение количества отцепов в составах поездов, сокращение объёма маневровой работы, повышение гарантированности своевременного подвода вагонов под погрузку, сокращение непроизводительного простоя вагонов в ожидании погрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации на основании выполненных автором исследований изложены новые научно обоснованные технологические и организационные решения по совершенствованию управления парком грузовых вагонов и технологии организации порожних вагонопотоков, имеющие существенное влияние на конкурентоспособность железнодорожного транспорта и развитие транспортной системы страны. Они представлены ниже в виде итогов, рекомендаций и перспектив дальнейшей разработки.

1. Проведённый анализ зависимости эксплуатационных показателей использования собственных полувагонов от размеров управляемого парка показал наличие значительных резервов в сокращении простоя порожних вагонов в ожидании погрузки, т.к. в настоящее время простой порожних вагонов от прибытия до завершения погрузки составляет 62 часа, при средней продолжительности всех технологических операций около 8 часов.

2. Исследование зависимости времени порожнего рейса грузовых вагонов от дальности рейса и попытка аппроксимации данной зависимости теоретической функцией показало высокую стохастичность процесса. Например, при дальности рейса 1000 км время рейса находится в диапазоне от 1 до 10 суток. Данный факт не позволяет рассматривать планируемое время прибытия вагона и, соответственно, расходы на вагонную составляющую в порожнем рейсе как детерминированное значение.

3. Аппроксимирована плотность вероятности отклонения времени рейса от ожидаемого для различных поясов дальности с помощью семейства гамма-распределений. При этом среднеквадратичное отклонение времени рейса составляет 1,3 суток. Определены коэффициенты надёжности обеспечения погрузки порожними вагонами при различных значениях запаса времени порожнего рейса.

4. Разработана методика, позволяющая определять рациональные значения времени планируемого порожнего рейса грузовых вагонов, при которых

достигаются наименьшие ожидаемые непроезводительные расходы. Учитывается мощность прибывающего порожнего вагонопотока и возможность произвольного вида функции потерь при позднем прибытии вагонов, что позволяет учитывать технологические особенности грузополучателя. Данные параметры являются входными данными для решения задачи распределения порожних вагонов между потребителями.

5. На основании выполненных исследований сформулированы предложения организационного и технологического характера, позволяющие повысить эффективность использования парка грузовых вагонов за счёт частичного сокращения влияния фактора неопределённости на процесс обеспечения погрузки. Это обеспечивается в том числе сокращением независимо управляемых друг от друга парков однотипных вагонов и создания экономических условий для оперативного перераспределения порожних вагонопотоков в регионах погрузки.

6. Разработаны критерии для разработки и внедрения технологии виртуальной сортировки порожних вагонов в пути следования, которая позволит сократить сортировочную и маневровую работу на станциях переработки и погрузки за счёт оптимизации подбора электронных документов на порожние вагоны одного типа, а также ускорить оборот вагонов за счёт оперативного перераспределения порожних вагонов под заявки на погрузку.

7. Предложено осуществлять нормирование эксплуатационных показателей работы парка грузовых вагонов в условиях наличия неопределённости, включая нормирование резерва вагонов в местах погрузки. В частности, формула расчёта нормы оборота вагона на полигоне железной дороги дополнена учётом простоя в страховом резерве.

8. Осуществлено внедрение представленных разработок в ОАО «ПГК» в бизнес-процессах нормирования и планирования работы парка вагонов, что позволило ускорить оборот вагонов, подтвердить теоретические положения выполненной работы и получить существенный экономический эффект.

Перспективы разработки и внедрения технологии виртуальной сортировки вагонов рассмотрены в ОАО «РЖД» установленным порядком. Планируется включение данной работы в план работ на 2020 и последующие годы.

9. Результаты исследований внедрены в учебный процесс факультета «Управление процессами перевозок», на кафедре «Эксплуатация железных дорог» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» по дисциплинам «Управление эксплуатационной работой», «Технология управления движением на дорожном и сетевом уровнях», при разработке выпускных квалификационных работ для студентов специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог», направления подготовки бакалавриата 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года [Текст] : [Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2008 г. № 877-р.: по состоянию на 02.12.2016 г.] : офиц. текст. – М., 2008. – 171 С. // Министерство транспорта Российской Федерации : [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.mintrans.ru/upload/iblock/a26/strategya_gt_2030.doc.
2. Белозёров, О. В. Доклад президента открытого акционерного общества «Российские железные дороги» на расширенном итоговом заседании правления ОАО «РЖД» [Текст] / О. В. Белозёров // «Железнодорожный транспорт». – 2016. – № 1. – С. 4–10.
3. Протокол сетевого совещания у первого заместителя начальника центральной дирекции управления движением Р. Ф. Сайбаталова [Текст] : [утверждён первым заместителем начальника Центральной дирекции управления движением Р. Ф. Сайбаталовым 20 февр. 2015 г.] : г. Тобольск, Тюмень 19-20 февраля 2015г. № ЦД249/пр. – 2015. – 15 с.
4. Пехтерев, Ф. С. Об «узких местах» пропускной способности и развитии железнодорожной инфраструктуры [Текст] [Электронный ресурс] / Ф. С. Пехтерев // Режим доступа: <http://expert.ru/expert/2012/25/dajte-dorogu-ekonomike/>
5. Крейнис, З. Л. Очерки истории железных дорог. Два столетия [Текст] / З. Л. Крейнис. – М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2009. – Кн. 1. – 336 с.
6. Абрамов, А. А. История железнодорожного транспорта (краткий курс) [Текст] / А. А. Абрамов. – М.: РГОТУПС, 2003. – 309 с.
7. Шаров, В. А. Технология эксплуатационной деятельности производственного блока ОАО «РЖД», связанного с управлением перевозками [Текст] / В. А. Шаров // Транспорт Российской Федерации. – 2010. - №5(30). – С. 58–62.

8. Дунаев, О. Н. Проблемы управления транспортом в регионе в условиях перехода к рынку [Текст] О. Н. Дунаев. Государственная академия управления, М.: б.и., 1991. – 264 с.
9. Кужель, А. А. О ходе разработки эффективной технологии управления вагонными парками в условиях множественности операторов подвижного состава [Текст] / А. А. Кужель // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2012. – № 4. – С. 2–7. – ISSN – 2304-9642.
10. Буянова, В. К. Система организации вагонопотоков [Текст] / В.К. Буянова, А. И. Сметанин, Е. В. Архангельский – М: Транспорт. – 1988. – 223 с.
11. Ветухов, Е. А. Комплексные методы сокращения простоя вагонов [Текст] / Е. А. Ветухов, М. А. Аветикян. – М: Транспорт, 1986. – 206 с.
12. Елисеев, С. Ю. Эффективное использование парка порожних вагонов стран СНГ и Балтии на российских железных дорогах [Текст] / С. Ю. Елисеев, Н. В. Сугробов, П. В. Куренков // Экономика железных дорог. – 2004. – № 12. – С. 44–48.
13. Кузнецов, А. П. Методологические основы управления грузовыми перевозками транспортной системы [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.01 / Кузнецов Александр Петрович; Рос. акад. гос. службы при Президенте РФ. – Санкт-Петербург: РАГС, 2001. – 358 с.
14. Железнов, Д. В. Методология усиления провозной способности железных дорог России в условиях реформы отрасли [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук. : 05.22.08 / Железнов Дмитрий Валерианович. – М.,: МГУПС (МИИТ), 2013. – 323 с.
15. Кужель, А. Л. Новый подход к управлению вагонопотоками [Текст] / А. Л. Кужель, И. Н. Шапкин, А. Н. Вдовин // «Железнодорожный транспорт». – 2010. – № 10. – С. 19–24.
16. Угрюмов, А. К. Оперативное управление движением на железнодорожном транспорте [Текст] / А. К. Угрюмов, Г. Н. Грошев, В. А. Кудрявцев, Г. А. Платонов. – М. : Транспорт, 1983. – 239 с.

17. Тихомиров, И. Г. Интенсификация использования подвижного состава и перевозочной мощности железных дорог [Текст] / Е. П. Юшкевич, П. А. Сыцко, И. Г. Тихомиров, П. С. Грунтов, Е. И. Симашук, П. А. Шульженко, Л. Н. Щенников, В. П. Ярошевич ; под ред И. Г. Тихомирова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : «Транспорт», 1977. – 296 с.
18. Кудрявцев, В. А. Регулирование грузовых перевозок на железных дорогах [Текст] / В. И. Балч, И. Г. Казовский, В. А. Кудрявцев, В. Ф. Гречанюк ; Под ред. В. А. Кудрявцева – М.: Транспорт, 1984. – 248 с.
19. Ковалёв, В. И. Управление эксплуатационной работой на железнодорожном транспорте [Текст] : учебник. В 2 т. Т.2 / В. И. Ковалёв, А. Т. Осьминин, В. А. Кудрявцев и др.; под ред. В. И. Ковалёва и А. Т. Осьмининой. – М.: ФГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2011. – 440 с.
20. Правдин, Н. В. Прогнозирование грузовых потоков [Текст] / Н. В. Правдин, М. Л. Дыканюк, В. Я. Негрей. – М.: Транспорт, 1987. – 247 с.
21. Бородин, А. Ф., Сотников, Е. А. Рациональное соотношение вместимости путей станций и вагонных парков с учётом увеличения доли частных вагонов [Текст] / А. Ф. Бородин, Е. А. Сотников // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 3. – С. 8–19.
22. Бородин, А. Ф. О разработке алгоритма планирования перевозок в условиях обеспечения работоспособности инфраструктуры [Текст] / А. Ф. Бородин // Бюллетень объединённого учёного совета ОАО «РЖД». – 2012. – № 3. – С. 12–22.
23. Шенфельд, К. П. Неравномерность грузовых перевозок в современных условиях и ее влияние на потребную пропускную способность участков [Текст] / Е. А. Сотников, К. П. Шенфельд, // М.: Вестник ВНИИЖТ. 2011. №5. С. 3–9.
24. Угрюмов, А. К. Неравномерность движения поездов [Текст] / А. К. Угрюмов. – М.: Транспорт, 1968. – 112 с.

25. Кудряцев, В. А. Управление движением на железнодорожном транспорте [Текст] : Учебное пособие для вузов ж.-д. трансп. / В. А. Кудряцев. – М.: Маршрут, 2003. – 200 с.
26. Хусаинов, Ф. И. Экономические реформы на железнодорожном транспорте: монография [Текст] / Ф. И. Хусаинов. – М.: Издательский Дом «Наука», 2012. – 192 с.
27. Осьминин, А. Т. Рациональная организация вагонопотоков на основе методов многокритериальной оптимизации [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / Осьминин Александр Трофимович. – Самара, 2000. – 260 с.
28. Осьминин, А. Т. Развитие теории и методов расчёта плана формирования поездов [Текст] / А.Т. Осьминин // Железнодорожный транспорт. – 2010. – № 11. – С. 33–36.
29. Анненков, А. В. Методология организации перевозочного процесса транспортными компаниями в конкурентной среде [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / Александр Васильевич Анненков. РГОТУПС. – М., 2003. – 367 с.
30. Горбунов, А. А. Компании-операторы и предприятия железнодорожного комплекса: моделирование взаимодействия управленческих ресурсов [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.02 / Антон Александрович Горбунов. МГУПС (МИИТ). – М., 2004. – 169 с.
31. Голопогосов, Д. В. Экономическая оценка развития конкуренции на товарных рынках в сфере грузовых железнодорожных перевозок [Текст] : дис. ... канд. эк. наук : 08.00.05 / Дмитрий Владимирович Голопогосов. МГУПС (МИИТ). – М., 2004. – 169 с.
32. Тихонов, А. А. Управление грузовым вагонным парком на завершающем этапе реформирования железных дорог России [Текст] : автореферат дис. ... канд. эк. наук : 08.00.05 / Антон Александрович Тихонов. – М., 2009. – 26 с.
33. Эрлих, А. В. Оптимизация величины и структуры вагонного парка транспортной компании [Текст] : автореферат дис. ... канд. техн. наук : 05.02.22 / Антон Владимирович Эрлих. – М., 2006. – 24 с.

34. Бельницкий, Д. С. Экономическая оценка организации управления вагонными парками компаний-операторов [Текст] : автореферат дис. канд. экон. наук : 08.00.05 / Данила Станиславович Бельницкий. – М., 2006. – 24 с.
35. Гершвальд, А. С. Оптимизация прикрепления вагонов к заявкам на погрузку [Текст] / А. С. Гершвальд, П. А. Остряков // Наука и техника транспорта. – 2011, № 4.– С.73–75.
36. Осьминин А. Т. О новом подходе к нормированию перевозок [Текст] / А. Т. Осьминин // Железнодорожный транспорт. – 2011. – № 8. – С. 44–48.
37. Ивницкий, В. А. Автоматизация планирования резерва вагонов в местах погрузки [Текст] / В. А. Ивницкий, А. С. Гершвальд, Л. А. Канарская, Н.Б. Соколов // Вестник ВНИИЖТ. – 1999. – №2. – С. 3–8.
38. Шенфельд, К. П. Задача распределения порожних вагонов под погрузку в современных условиях [Текст] / К. П. Шенфельд, Е. А. Сотников, В. А. Ивницкий // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2012. – № 3. – С. 3–7.
39. Елисеев, С. Ю. Управление грузопотоками на основе информационно-управляющих и аналитических технологий: концептуальные принципы построения логистической системы [Текст] / С. Ю. Елисеев // Железнодорожный транспорт. – 2005. – № 3. – С. 37–40.
40. Рахмангулов, А. Н. Железнодорожные транспортно-технологические системы: организация функционирования: монография [Текст] / А.Н. Рахмангулов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И. Носова, 2014. – 300 с.
41. Портнова, О. Ю. Повышение эффективности организации обеспечения вагонами промышленных предприятий [Текст]: дис. ... канд. техн. наук : 05.02.22 / Ольга Юрьевна Портнова. – УрГУПС. – Екатеринбург, 2016. – 157 с.
42. Окулов, Н. Е. Методы и способы совершенствования взаимодействия производства и транспорта [Текст] : автореферат дис. ... канд. техн. наук. :

- 05.22.08 / Николай Евгеньевич Окулов. – Екатеринбург., УрГУПС, 2014. – 16 с.
43. Куренков, П. В. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении: экономика, логистика, управление [Текст] / П. В. Куренков, А. Ф. Котляренко. – Самара., Солдат Отечества, 2002. – 636 с.
44. Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок [Текст]. 2-е изд. / [Пер. с англ. Н. Н. Барышниковой, Б. С. Пинскера]. М.: ЗАО «Олимп–Бизнес», 2008. – 640 с.
45. Джонсон, Джеймс, Вуд, Дональд, Ф., Вордлоу, Дэниел, Л., Мерфи-мл., Поль, Р. Современная логистика [Текст], 7-е издание: Пер. с англ. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2002. – 624 с.
46. Лайсонс К., Джиллингем М. Управление закупочной деятельностью и цепью поставок [Текст]: Пер. с 6-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2005. – XVIII, 798 с.
47. Александров, А. Э. Стохастическая постановка динамической транспортной задачи с задержками с учётом случайного разброса времени доставки и времени потребления [Текст] / А. Э. Александров, Н. В. Якушев. Управление большими системами. Выпуск 12–13. М.: ИПУ РАН, 2006. – С. 5–14.
48. Владимирская, И. П. Оптимизация структурно-функционального взаимодействия в транспортных и производственно-транспортных системах [Текст] : автореферат дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / Ирина Петровна Владимирская. МГУПС (МИИТ). – М., 2011. – 38 с.
49. Осокин, О. В. Интеллектуальное сопровождение производственных процессов на железнодорожном транспорте [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / Олег Викторович Осокин. УрГУПС. – Екатеринбург, 2014. – 355 с.
50. Тимухина, Е. Н. Повышение устойчивости взаимодействия производства и транспорта [Текст] / Е. Н. Тимухина, Н. Е. Окулов. Транспорт Урала. – 2014. – № 2 (41). – С. 7–11.

51. Козлов, П. А. Оптимизация функциональной структуры транспортного узла [Текст] / П. А. Козлов, В. П. Козлова. Наука и техника транспорта. 2005. – № 1. – С. 17–31.
52. Козлов, П. А. Оптимальное управление работой вагонов разных собственников [Текст] / П. А. Козлов, И. П. Владимирская, Н. А. Тушин. Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2010. – № 4. – С. 7–10.
53. Козлов, П. А. Ориентироваться на гибкие, многовариантные технологии [Текст] / П. А. Козлов. Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 3. – С. 49–50.
54. Тушин, Н. А. Системная интеграция в транспортных процессах (теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации) [Текст]: автореферат дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.08 / Николай Андреевич Тушин. УрГУПС. – Екатеринбург, 2012. – 44 с.
55. Бродецкий, Г. Л. Управление запасами [Текст]: учебное пособие / Г. Л. Бродецкий. – М.: ЭКСМО, 2008. – 352с. – (полный курс МВА).
56. Стерлигова, А. Н. Управление запасами в цепях поставок [Текст] : Учебник / А. Н. Стерлигова. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 430 с. (Высшее образование).
57. Плоткин, Б. К. Теория и практика управления запасами: учебное пособие [Текст] / Б. К. Плоткин. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2014. – 83 с.
58. Акулиничев, В. М. Математические методы в эксплуатации железных дорог [Текст] / В. М. Акулиничев, В. А. Кудрявцев, А. Н. Корешков. М.: Транспорт, 1981. – 174 с.
59. Васильева, Е. М., Игудин, Р. В., Лившиц, В. Н. и др. Оптимизация планирования и управления транспортными системами [Текст] / Под ред. В. М. Лившица, – М., Транспорт, 1987. – 208 с.
60. Горелова, В. Л. Основы прогнозирования систем [Текст]: Учеб. пособие для студ. инж.-экон. спец. Вузов / В. Л. Горелова, Е. Н. Мельникова. – М.: Высшая школа, 1986. – 287 с.

61. Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология [Текст] / Е. С. Вентцель, М.: Наука, 1988. – 208 с.
62. Хусаинов, Ф. И. Реформа железнодорожной отрасли: проблемы незавершённой либерализации Аналитический доклад для Экспертного института Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» [Текст] / Ф. И. Хусаинов. М.: 2014. – 180 с.
63. Гурьев, А. И. Из тупика: история одной реформы [Текст] / А. И. Гурьев. – СПб. : РЖД–Партнер, 2008. – 800 с.
64. Указ Президента РФ от 28.04.1997 г. № 426 [Текст] : (Об Основных положениях структурной реформы в сферах естественных монополий). – М. : [б. и.], 1997. – 16, [1] с. ; 20 см.
65. Хусаинов, Ф. И. Реформа железнодорожной отрасли: проблемы незавершенной либерализации. Аналитический доклад для Экспертного института Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» [Текст] / Ф. И. Хусаинов, М., 2014 – 180 с.
66. Реформа железных дорог: Сборник материалов по повышению эффективности сектора железных дорог Международный банк реконструкции и развития [Текст] / Всемирный банк. 1818 H Street NW. 574с. // Режим доступа: <http://nauka.x-pdf.ru/17raznoe/535819-1-iyun-2011-goda-reforma-zheleznih-dorog-sbornik-materialov-povisheniyu-effektivnosti-sektora-zheleznih-dorog-2011-m.php>.
67. Миронов, А. Ю.: Порожний пробег вагонов превысил критическую отметку [Текст] : /А. Ю. Миронов, Гудок / учредитель ОАО «РЖД». – 2012, октябрь – 29. – М., 2012– 8 полос. – Еженед.
68. Якунин, В. И. Развитие транспортной системы и геоэкономические интересы России [Текст] / В. И. Якунин. Экономические стратегии. – 2009. Т. –11, № 1. – С. 48–55.
69. Горбунов, В. А. О модели рынка транспортных услуг [Текст] / В. А. Горбунов, Е. М. Тишкин. Железнодорожный транспорт, 2009. – № 11. – С. 53–56.

70. Михайлова, Н. Б. Конкуренция перевозчиков на железнодорожном транспорте [Текст] / Н. Б. Михайлова. Наука и транспорт. Модернизация железнодорожного транспорта. 2013. – № 2(6). – С. 4–9.
71. Правила перемещения порожних грузовых вагонов на железнодорожном транспорте [Текст] [правила: утв. пост. Прав. РФ от 31 октября 2015 г. № 1180 по состоянию на 19 сент. 2016 г.]: М.: 2015 – 9 с.
72. Балалаев, А. С. Технология работы операторских и экспедиторских компаний: учеб. пособие [Текст] / А. С. Балалаев, Е. И. Гарлицкий. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. – 114 с. : ил.
73. Плужников, К. И. Транспортное экспедирование [Текст] / К. И. Плужников, Ю. А. Чунтомова. – М.: ТРАНСЛИТ, 2006. – 528 с.
74. Хусаинов, Ф. И. Анализ проекта «Целевой модели рынка грузовых железнодорожных перевозок на период до 2020 года» [Текст] / Ф. И. Хусаинов. Научно-практический альманах «Вектор транспорта». 2015. № 4. – С. 11-16.
75. Чурашев, В. Н. Развитие транспортной инфраструктуры РФ для перевозок угля [Текст] / В. Н. Чурашев, В. М. Маркова. Интерэкспо Гео-Сибирь, 2014. – № 1. – С. 121–126.
76. Летюхин, И. Д. Реформирование железнодорожного транспорта в России: реалии и перспективы развития [Текст] / И. Д. Летюхин. Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета, 2014. – № 4. – С. 38–44.
77. Пехтерев, Ф. С. Актуализированная транспортная стратегия [Текст]/ Пехтерев Ф. С. Экономика железных дорог. – 2013. – № 6. – С. 12–15.
78. Федорович, В. О., Конципко, Н. В., Кубрак, Н. А. Современное состояние рынка грузовых железнодорожных перевозок в России: новые формы управления [Текст] / В. О. Федорович, Н. В. Конципко, Н. А. Кубрак. Современные технологии управления, 2015. – № 10 (58). – С. 35–43.
79. ПГК готова управлять чужим парком [Текст] / Дарья Белоглазова, Гудок / учредитель ОАО «РЖД». – 2014, декабрь – 10 (Выпуск №221).

80. Елисеев, С. Ю. Основные факторы, влияющие на эффективность использования грузовых вагонов [текст] / Елисеев С. Ю., Шатохин А. А. // Наука и техника транспорта. – 2015. – № 1. – С. 13-18.
81. Елисеев, С. Ю. Основные рыночные факторы, влияющие на эффективность использования вагонов [текст] / Елисеев С. Ю., Шатохин А. А. // Экономика железных дорог. – 2015. – № 4. – С. 82-87.
82. Блюмин, С. Л. Динамическая транспортная задача с задержками [Текст] / С. Л. Блюмин, П. А. Козлов, С. П. Миловидов // Автоматика и телемеханика. – 1984, № 5. – С. 158–161.
83. Технические требования к разработке системы нормирования показателей парка вагонов и контроля их выполнения : [утв. зам. ген. дир. ОАО «ПГК» в 2014г.]. М.: ОАО «ПГК», 2014. – 49 с.
84. Единый сетевой технологический процесс железнодорожных грузовых перевозок. [инструкция: утв. первым Вице-президентом ОАО «РЖД» В. Н. Морозовым 28 дек. 2012 г. по состоянию на 14 ноября 2016 г.]. М.: 2012. – 119 с.
85. Семенкин, Д. Проблемы правового взаимодействия операторов подвижного состава с грузовладельцами [Текст] /Денис Семёнкин. Научно-практический альманах «Вектор транспорта», 2014. – Выпуск № 2 (июнь). – С.58–61.
86. Бурмистров, М. Структура рынка операторов железнодорожного подвижного состава в 2010–2013 гг. [Текст] / М. Бурмистров. Научно-практический альманах «Вектор транспорта», 2014 (выпуск №2). – С. 66–77.
87. Питтман, Р. Конкуренция на железных дорогах: что выбрать России? [Текст] // Эко. – 2001. – № 8. – С.13–29.
88. Гуриев, С. Конкуренция вместо регулирования: предложения по реструктуризации железнодорожного транспорта на третьем этапе структурной реформы [Текст] / Сергей Гуриев, Расселл Питтман, Елизавета Шевяхова. М.: 2003. – 29 с. [Режим доступа: <http://www.cefir.ru/index.php?l=rus&id=34&yf=2003>].

89. Хусаинов, Ф. И. Приватизация железных дорог в Великобритании: уроки для России [Текст] / Ф. И. Хусаинов. «Экономика железных дорог», 2011. – №9. – С. 83–90.
90. Хусаинов, Ф. И. Эволюция тарифного регулирования на железных дорогах США [Текст] / Ф. И. Хусаинов. Бюллетень транспортной информации, 2014. – №6. – С. 17–24.
91. RAILROAD FACTS (2012 г.). (Отчет по работе американских железных дорог за 2011 г., с исправлениями и дополнениями). М.: ЦНТИБ. – 87 с.
92. Питтмэн, Р. Вертикальная реструктуризация инфраструктурных отраслей в странах с переходной экономикой [Текст] / [Перевод с англ. И. В. Розмаинского, под ред. В. И. Моргунова]. М.: Московский центр Карнеги // Working Papers. – 2003. – 26 с.
93. Железнодорожный транспорт за рубежом [Текст] // Экспресс–информация. Вып. 1. – М: ЦНИИТЭИ МПС, 1999. – 32 с.
94. Железнодорожный транспорт за рубежом [Текст] // Экспресс–информация. Вып. 2. – М: ЦНИИТЭИ МПС, 1999. – 34 с.
95. Елисеев, С. Ю. Построение и оптимизация функционирования международных транспортно–логистических систем [Текст] : монография. М.: ВИНТИ РАН, 2006. – 242 с.
96. Прокофьева, Т. А., Сергеев, В. И. Логистические центры в транспортной системе России: Учебное пособие. – М.: Издательский дом «Экономическая газета», 2012. – 522 с.
97. Шатохин, А. А. Эффективное взаимодействие операторов подвижного состава и грузовладельцев [Текст] / С. Ю. Елисеев, А. А. Шатохин // Экономика железных дорог. – 2015. – № 8. – С. 32–42.
98. Шатохин, А. А. Логистические принципы эффективного взаимодействия операторов подвижного состава и грузовладельцев [Текст] / А. А. Шатохин // Наука и техника транспорта. – 2016. – № 1. – С. 79–87.

99. Елисеев, С. Ю. Анализ наличия резервов повышения производительности использования полувагонов [Текст] / А. А. Шатохин, С. Ю. Елисеев // Бюллетень транспортной информации. – 2017. – № 10. – С. 11–15.
100. Бородинова, И. А. Стохастическая транспортная задача [Текст] / И. А. Бородинова, Л. А. Сараев. Вестник Самарского государственного университета, 2010. – № 7 (81). – С. 16–23.
101. Королук, В. С., Портенко, Н. И., Скороход, А. В., Турбин, А. Ф. Справочник по теории вероятностей и математической статистике [Текст]. М.: Наука, 1985. – 640 с.
102. Орлов, А. И. Об оценивании параметров гамма-распределения [Текст]. – Журнал "Обозрение прикладной и промышленной математики". 1997. – Т.4., вып.3. – С. 471–482.
103. Проект целевой модели рынка грузовых железнодорожных перевозок на период до 2025 года от 19 июня 2018г.. [Текст]. – 61 с. [режим доступа: <http://iizd.ru/wp-content/uploads/2018/03/ЦМР-2025.pdf>].
104. Елисеев, С. Ю. Методы сокращения простоя грузовых вагонов в ожидании погрузки [Текст] / А. А. Шатохин, С. Ю. Елисеев // Железнодорожный транспорт. – 2016. – № 3. – С. 42–44.
105. Елисеев, С. Ю. Как сократить динамические резервы вагонов на станции погрузки? [текст] / Елисеев С. Ю., Шатохин А. А. – М: Наука и техника транспорта. – 2016. – № 2. – С. 94-99.
106. Гаджинский, А. М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений. – 2-е изд. – М.: Информационно-внедренческий центр "Маркетинг", 1999. – 228 с.
107. Елисеев, С. Ю. Как сократить простои грузовых вагонов в ожидании погрузки? [текст] / Елисеев С. Ю., Шатохин А. А. – М: Мир транспорта. – 2016. – Т. 14. – № 3 (64). – С. 166-175.
108. Александр Мишарин: «Заморозить инвестпрограмму МПС не удастся» [Текст] / Известия / учредитель ОАО «РЖД». – 2001, ноябрь – 27. – 8 полос.– Еженед. [режим доступа: <http://izvestia.ru/news/255218>].

109. Корсаков М. Н. Экономика, организация и управление на предприятии [Текст] : Учебник / Корсаков М. Н., Ребрин Ю. И., Федосова Т. В., Макареня Т. А., Шевченко И. К. и др.; Под ред. М. А. Боровской. Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2008. – 440 с.
110. Шенфельд, К. П. Задача распределения порожних вагонов под погрузку в современных условиях [Текст] / К.П. Шенфельд, Е. А Сотников, В. А. Ивницкий// Вестник ВНИИЖТ.– 2012.– №3. – С. 3–7.
111. Харитонов, А. В. Анализ проблемы неравномерности прибытия вагонопотоков на технические станции [Текст] / Шатохин А. А., Харитонов А. В., Биленко Г. М., Буракова А. В. // Железнодорожный транспорт. – 2019. – № 4. – С. 20-23.
112. Хусаинов, Ф. И., Консолидация вагонного парка: «на этот раз всё будет иначе?» [Текст] / Ф.И. Хусаинов. Вестник транспорта, 2015. – №8. – С. 11-13.
113. Елисеев С. Ю. Эффективное использование собственных вагонов транспортных компаний на логистических принципах [текст] / Елисеев С. Ю., Шатохин А. А. // Вестник транспорта. –2014. –№ 5. – С. 21-27.
114. Елисеев, С. Ю. Управлению парками транспортных компаний - логистические принципы [текст] / Елисеев С. Ю., Шатохин А. А. // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 10. – С. 62-65.

Сравнительная характеристика централизованной и рыночной систем
управления грузовыми вагонами

| | Централизованная («как было») | Рыночная («как стало») |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Схема управления | <pre> graph TD A[Департамент перевозок ОАО «РЖД»] --> B[Службы перевозок железных дорог] B --> C[Отделы перевозок отделений дорог] C --> D[Железнодорожные станции] </pre> | <pre> graph TD A[Транспортные компании] --> B[Маркетинг по поиску клиентов и привлечению грузов к перевозке] B --> C[Подвязка вагонов к заявкам на перевозку грузов] </pre> |
| | Достоинства | <ul style="list-style-type: none"> – Сокращение парка вагонов за счет высоких эксплуатационных показателей их использования – Высокий уровень эффективности использования транспортной железнодорожной инфраструктуры при пропуске вагонопотоков |

| Продолжение приложения 1 | | |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Достоинства | <ul style="list-style-type: none"> – Возможность оперативного реагирования на дополнительные объемы грузов, возникновение "узких мест" пропуска и переработки вагонопотоков и т.д. | <ul style="list-style-type: none"> – Хорошее техническое и коммерческое состояние вагонов; – умеренная стоимость пользования вагонов на путях грузовладельцев; – Возможность привлечения частных инвестиций |
| Недостатки | <ul style="list-style-type: none"> – Низкая рентабельность перевозочного процесса из-за недостаточного внимания финансовым показателям; – Недостаточно качественное состояние вагонов в техническом и коммерческом отношении; – Высокие штрафы за превышение норм времени на грузовые операции; – Отсутствие гибкости в тарифе и условиях перевозок при работе с заказчиками; – Ограниченные возможности привлечения частных инвестиций в подвижной состав и транспортную инфраструктуру. | <ul style="list-style-type: none"> – Увеличение рабочего парка вагонов из-за ухудшения их эксплуатационных показателей использования – Формирование грузопотоков без учета пропускных и перерабатывающих способностей железнодорожной инфраструктуры, что создает дополнительные риски для выполнения сроков доставки; – Ограниченные возможности влияния на скорость продвижения вагонопотоков; – Оперативное изменение назначений вагонопотоков приводит к существенным дополнительным расходам. |

| Продолжение приложения 1 | | |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| Другие особенности | <ul style="list-style-type: none"> – Оперативное распределение номеров вагонов по заявкам на полигоне погрузки; – Приоритетное обслуживание крупных грузоотправителей в ущерб остальным; | <ul style="list-style-type: none"> – Распределение номеров вагонов по заявкам до начала порожнего рейса; – Влияние скорости продвижения вагонопотоков на стоимость перевозки для заказчика (посуточная плата пользования вагоном); – Приоритетное обслуживание высокодоходных направлений; |

**Статистические данные о работе
 железных дорог 1 класса Северной Америки**

| Показатели | 2011 | 2010 | Изменение , % |
|----------------------------------------------------------------|------------|------------|------------------|
| Объекты железнодорожного транспорта и подвижной состав | | | |
| Чистые инвестиции (на конец года), млн.долл. | 153 115 | 146 754 | 4,3 |
| Рабочий парк локомотивов | 24 250 | 23 893 | 1,5 |
| Рабочий парк грузовых вагонов ¹⁾ | 1 283 225 | 1 309 029 | (2,0) |
| Капитальные затраты, тыс. долл. | 11 601 093 | 9 767 808 | 18,8 |
| Введенные в эксплуатацию новые локомотивы | 473 | 259 | 82,6 |
| Введенные в эксплуатацию новые грузовые вагоны ^{1,2)} | 41 814 | 16 552 | 152,6 |
| Эксплуатационная длина железных дорог в собственности, км | 153 682 | 153 981 | (0,2) |
| Перевозки | | | |
| Коммерческая погрузка вагонов, ед. | 29 996 959 | 29 209 122 | 2,7 |
| Коммерческий грузооборот, млрд. т-км | 2 524,7 | 2 468,9 | 2,3 |
| Доход на 1 ткм, центы | 2,575 | 2,281 | 12,9 |
| Средняя дальность перевозки, км | 1 476 | 1 471 | 0,3 |
| Финансовые результаты | | | |
| Эксплуатационные доходы, тыс. долл. | 67 366 882 | 58 405 915 | 15,3 |
| Эксплуатационные расходы, тыс. долл. | 49 296 647 | 42 707 642 | 15,4 |
| Налоги текущие, тыс. долл. | 6 416 579 | 6 486 120 | (1,1) |
| Чистая прибыль от эксплуатации, тыс. долл. | 11 580 200 | 9 959 209 | 16,3 |
| Норма прибыли на чистые инвестиции, % | 11,3 | 10,4 | 9,0 |
| Простая прибыль, тыс. долл. | 11 039 469 | 9 261 542 | 19,2 |
| Контингент и заработная плата | | | |
| Средняя численность персонала | 158 623 | 151 854 | 4,5 |
| Общая сумма заработной платы, тыс.долл. | 12 146 364 | 11 213 351 | 8,3 |
| Средняя годовая зарплата, долл. | 76 574 | 73 843 | 3,7 |
| Эксплуатационные показатели | | | |
| Средний состав грузового поезда, ваг. | 74,3 | 74,7 | (0,5) |
| Средняя статическая нагрузка вагона, т | 57,05 | 57,50 | (0,8) |
| Грузооборот нетто на поезд-час, т-км | 99 214 | 105 838 | (6,3) |
| Средний вес грузового поезда, т нетто | 3 209 | 3 252 | (1,3) |

¹ Все железнодорожные и частные компании США, владеющие вагонами

² В собственности американских и канадских компаний

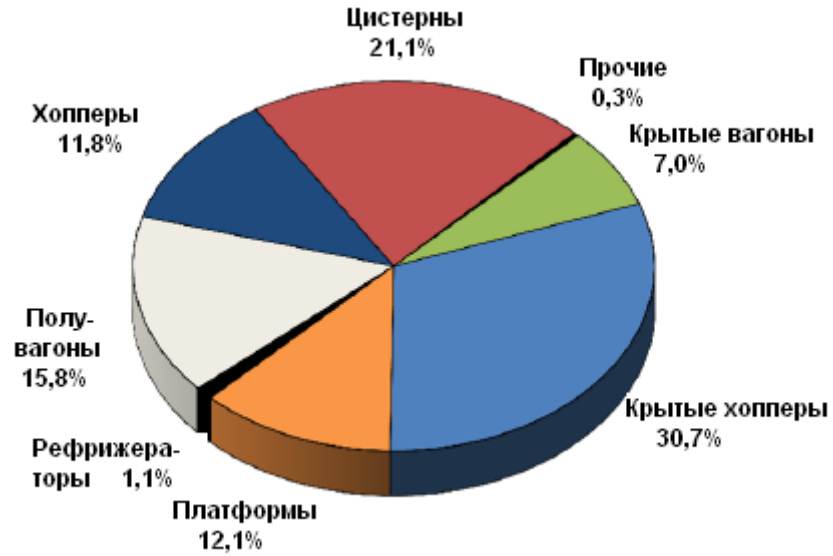
Распределение эксплуатационных расходов в 2011 г., млн. долл.

| Показатели | 2011 г. |
|---------------------------------------------------------------|---------|
| Общие эксплуатационные расходы | 67 367 |
| Общая сумма расходов на выплаты персоналу | 15 842 |
| - заработная плата, отнесенная на счет расходов | 10 834 |
| - медицинское обслуживание, пособия, пенсии | 2 619 |
| - налоги, взимаемые с суммы выплаченной зарплаты | 2 389 |
| Подходный налог на простую прибыль | 2 727 |
| Обеспечение отсроченных налогов | 3 745 |
| Локомотивное топливо | 11 374 |
| Потери и повреждения грузов, выплаты по травмам и страхованию | 800 |
| Амортизация | 5 856 |
| Все прочие расходы | 15 443 |
| Общая сумма расходов и налогов | 55 787 |
| Чистая прибыль от эксплуатации железных дорог | 11 580 |

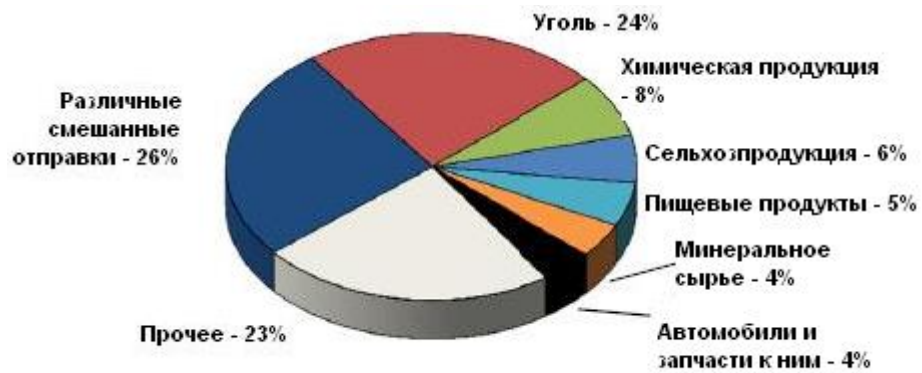
Численность грузового вагонного парка США в 2011 г.
по типам вагонов, ед.

| Тип вагона | Всего всех собственников | Железные дороги I класса | Другие железные дороги | Компании, владеющие вагонами, и грузоотправители |
|------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------------------------------|
| Крытые вагоны: | 89 907 | 50 750 | 30 158 | 8 999 |
| - универсальные | 11 610 | 1 121 | 3 532 | 6 957 |
| - специализиров. | 78 927 | 49 629 | 26 626 | 2 042 |
| Крытые хопперы | 394 282 | 92 833 | 15 050 | 286 399 |
| Платформы | 155 816 | 82 256 | 21 390 | 52 170 |
| Рефрижераторы | 14 479 | 10 827 | 990 | 2 662 |
| Полувагоны | 202 793 | 85 978 | 18 321 | 98 494 |
| Хопперы | 151 410 | 56 872 | 9 037 | 85 501 |
| Цистерны | 270 735 | 900 | 19 | 269 816 |
| Прочие | 3 803 | 283 | 1 007 | 2 513 |
| Всего | 1 283 225 | 380 699 | 95 972 | 806 554 |

Доли грузового вагонного парка США в 2011 г. по типам вагонов



Коммерческая погрузка вагонов по родам грузов, 2011 г.



Производительность труда

| Год | Коммерческий грузооборот, приходящийся | |
|------|----------------------------------------|-------------------------|
| | на одного работника, млн.т-км | на 1 человеко-час, т-км |
| 1996 | 11,0 | 4 329 |
| 1997 | 11,1 | 4 341 |
| 1998 | 11,4 | 4 314 |
| 1999 | 11,8 | 4 582 |
| 2000 | 12,7 | 4 807 |
| 2003 | 14,75 | 5 554 |
| 2004 | 15,5 | 5 704 |
| 2005 | 15,3 | 5 866 |
| 2006 | 15,5 | 5 925 |
| 2007 | 15,5 | 6 106 |
| 2008 | 15,8 | 6 288 |
| 2009 | 14,75 | 6 098 |
| 2010 | 16,35 | 6 577 |
| 2011 | 15,914 | 6 375,8 |

Стоимость новых грузовых вагонов (долл.)¹⁾

| Годы | Крытые вагоны | | Платформы | | Полу-вагоны | Хопперы | | Вагоны-рефрижераторы | Средняя стоимость одного грузового вагона |
|------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|-------------|----------|--------|----------------------|-------------------------------------------|
| | универсальные | специализированные | универсальные | специализированные | | открытые | крытые | | |
| 1970 | 13 355 | 20 912 | 15 534 | 22 275 | 14 203 | 12 726 | 16 221 | 31 592 | 17 163 |
| 1975 | 31 168 | 27 005 | 32 815 | 40 201 | 27 076 | 25 834 | 26 480 | 42 553 | 27 777 |
| 1980 | 45 586 | 53 209 | 46 440 | 49 935 | 45 895 | 40 348 | 43 618 | 70 424 | 44 547 |
| 1985 | - | - | - | - | 37 091 | 38 340 | 33 196 | - | 36 645 |
| 1990 | - | - | - | 53 530 | 52 300 | 39 451 | 45 000 | - | 43 782 |
| 1995 | - | - | - | 44 854 | 60 497 | 47 959 | 48 216 | - | 51 016 |
| 2000 | - | 84 047 | - | 43 146 | 62 225 | - | - | - | 49 891 |
| 2001 | - | - | - | 43 712 | - | - | 36 750 | - | 43 685 |
| 2002 | - | - | - | 54 000 | - | - | - | - | 54 000 |
| 2003 | - | - | - | - | 49 000 | - | - | - | 49 000 |
| 2004 | - | - | - | 57 950 | - | - | - | 130 565 | 72 005 |
| 2005 | - | - | - | 58 225 | - | - | - | - | 58 225 |
| 2006 | - | - | - | - | 96 295 | 77 613 | - | - | 84 242 |
| 2007 | - | - | - | 262 296 | 76 710 | - | 70 771 | - | 81 003 |
| 2008 | - | - | - | 223 834 | 75 203 | 84 195 | 72 516 | - | 95 488 |
| 2009 | - | - | - | 276 711 | - | 107 000 | 66 092 | - | 98 090 |
| 2010 | - | - | - | 179 358 | 63 000 | 67 807 | 70 361 | - | 75 422 |
| 2011 | - | - | - | - | 75 651 | 80 292 | 70 319 | - | 73 220 |

¹⁾Изменения в средней стоимости грузовых вагонов в различные годы частично связаны с изменениями внутри каждой категории и с различиями в грузоподъемности поставленных вагонов. Средние значения, приведенные в таблице, относятся только к железным дорогам I класса и не включают в себя арендованные вагоны.

Пример расчёта рационального времени планируемого
порожного рейса вагона

Исходные данные:

- стоимость простоя вагонов – 1 800 руб/сутки;
- штраф за позднее прибытие вагона – от 0 до 1 суток 5 000 рублей, более 1 суток одновременно 50 000 рублей из-за потери перевозки;
- статистика доставки порожних вагонов на корреспонденции с группировкой по отправкам с данными о фактическом времени следования порожнего вагона на станцию погрузки, фактическом простое каждого вагона на станции погрузки от прибытия до завершения грузовой операции.

Цель задачи: определить рациональное время планируемого рейса порожнего вагона $t_{\text{пор}}^{\text{рейс}}$ на рассматриваемой корреспонденции.

Решение:

По итогам обработки статистики доставки порожних вагонов на выделенной корреспонденции определяем математическое ожидание времени порожнего рейса вагона без учёта непроизводительного простоя в ожидании погрузки $\overline{t_{\text{пор}}}$ (используя норматив времени простоя местного вагона от прибытия до завершения грузовой операции при условии отсутствия дефицита ёмкости станции для приёма местных вагонов), плотность вероятности отклонения времени прибытия вагона относительно математического ожидания по диапазонам $P(\Delta t)$.

Расчёт математического ожидания $\overline{t_{\text{пор}}}$ и плотности вероятности $P(\Delta t)$ в примере не приводится, т.к. это не представляет научного интереса, но требует существенного объёма вычислений. По итогам обработки статистики (условно) получаем следующие итоги:

- математическое ожидание времени доставки порожнего вагона на станцию погрузки $\overline{t_{\text{пор}}}$ составляет 5,5 суток (технологическое время от приёма порожнего вагона к перевозке до подачи под погрузку);
- в среднем каждые сутки прибывает 597 порожних вагонов под погрузку в составе 11 групповых отправок. 7 по 66 вагонов, а также 45, 37, 29 и 24 вагона.
- плотность вероятности отклонения времени прибытия вагона от математического ожидания $P(\Delta t)$ имеет ассиметричную форму с чётко выраженным экстремумом (таблица ПЗ.1, рисунок ПЗ.1).

Таблица ПЗ.1 – Плотность вероятности отклонения времени прибытия вагона от математического ожидания

| № п/п | Диапазон отклонения от мат. ожидания, сут | Вероятность прибытия вагона в диапазоне |
|-------|-------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1 | менее -2,5 | 0 |
| 2 | от -2,25 до -2,5 | 0,056 |
| 3 | от -2 до -2,25 | 0,105 |
| 4 | от -1,75 до -2 | 0,150 |
| 5 | от -1,5 до -1,75 | 0,136 |
| 6 | от -1,25 до -1,5 | 0,113 |
| 7 | от -1 до -1,25 | 0,093 |
| 8 | от -0,75 до -1 | 0,074 |
| 9 | от -0,5 до -0,75 | 0,056 |
| 10 | от -0,25 до -0,5 | 0,044 |
| 11 | от 0 до -0,25 | 0,036 |
| 12 | от 0 до 0,25 | 0,028 |
| 13 | от 0,25 до 0,5 | 0,023 |
| 14 | от 0,5 до 0,75 | 0,019 |
| 15 | от 0,75 до 1 | 0,016 |
| 16 | от 1 до 1,25 | 0,014 |
| 17 | от 1,25 до 1,5 | 0,012 |
| 18 | от 1,5 до 1,75 | 0,010 |
| 19 | от 1,75 до 2 | 0,008 |
| 20 | от 2 до 2,25 | 0,005 |
| 21 | от 2,25 до 2,5 | 0,003 |
| 22 | более 2,5 | 0 |
| Итого | | 1 |



Рисунок ПЗ.1 – Графический вид плотности вероятности отклонения времени прибытия вагона от математического ожидания

При отсутствии статистических данных можно произвести предварительную оценку по среднесетевым значениям, используя полученную плотность вероятности отклонения времени прибытия вагона от математического ожидания (см. рисунок 2.4) и зависимости времени рейса от его расстояния (см. таблицу 2.1). Например, полином 3-й степени:

$$T(s) = -6,05 \cdot s^3 \cdot 10^{-12} - 9,64 \cdot s^2 \cdot 10^{-8} + 2,56 \cdot s \cdot 10^{-3} + 0,92$$

Исходя из условий задачи в зависимости от разницы времени прибытия порожнего вагона и предъявления груза к перевозке Δt , функция зависимости непроизводительных расходов описывается тремя линейными функциями (рисунок ПЗ.2):

$$C(\Delta t) = \begin{cases} 1\,500\Delta t & \text{если } \Delta t \leq 0 \\ 5\,000, & \text{если } -1 \leq \Delta t < 0; \\ 50\,000, & \text{если } \Delta t < -1 \end{cases}$$



Рисунок П3.2 – График зависимости непроизводительных расходов от совпадения времени прибытия порожнего вагона на станцию и предъявления груза к перевозке

Используя плотность вероятности отклонения времени прибытия вагона от математического ожидания $P(\Delta t)$ (см. рисунок П3.1) и график зависимости непроизводительных расходов от совпадения времени прибытия порожнего вагона на станцию и предъявления груза к перевозке $C(\Delta t)$ (см. рисунок П3.2) определим рациональное (байесовское) значение времени планируемого порожнего рейса вагона методом направленного перебора значений с поиском локального минимума суммарных рисков. Для удобства расчёты представлены в табличном виде (таблица П3.2).

Таблица П3.2 – Расчёт значения времени порожнего рейса, соответствующего минимуму суммарного значения рисков

| № п/п | Границы диапазона, сут | Вероятность прибытия вагона в диапазоне | Значение потерь из-за несовпадения времени прибытия вагона и предъявления груза к перевозке, руб | Риск для различных значений сдвига мат. ожидания времени прибытия порожнего вагона относительно времени предъявления груза к перевозке, руб | | | | | |
|----------|---------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | | | 0 | + 0,25 | + 0,5 | + 0,75 | + 1 | + 1,25 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | от -3,75 до -4,0 | 0 | 6525 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | от -3,25 до -3,5 | 0 | 6075 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | от -3 до -3,25 | 0 | 5625 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | от -2,75 до -3 | 0 | 5175 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | от -2,5 до -2,75 | 0 | 4725 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | от -2,25 до -2,5 | 0,056 | 4275 | 238,9 | 264,0 | 289,1 | 314,3 | 339,4 | 364,6 |
| 7 | от -2 до -2,25 | 0,105 | 3825 | 401,6 | 448,9 | 496,1 | 543,4 | 590,6 | 637,9 |
| 8 | от -1,75 до -2 | 0,150 | 3375 | 506,3 | 573,8 | 641,3 | 708,8 | 776,3 | 843,8 |
| 9 | от -1,5 до -1,75 | 0,136 | 2925 | 397,3 | 458,4 | 519,5 | 580,6 | 641,7 | 702,9 |
| 10 | от -1,25 до -1,5 | 0,113 | 2475 | 279,7 | 330,5 | 381,4 | 432,2 | 483,1 | 533,9 |
| 11 | от -1 до -1,25 | 0,093 | 2025 | 188,0 | 229,8 | 271,5 | 313,3 | 355,1 | 396,9 |
| 12 | от -0,75 до -1 | 0,074 | 1575 | 116,4 | 149,7 | 183,0 | 216,2 | 249,5 | 282,8 |
| 13 | от -0,5 до -0,75 | 0,056 | 1125 | 63,0 | 88,2 | 113,4 | 138,6 | 163,8 | 189,0 |
| 14 | от -0,25 до -0,5 | 0,044 | 675 | 29,7 | 49,5 | 69,3 | 89,1 | 108,9 | 128,7 |
| 15 | от 0 до -0,25 | 0,036 | 225 | 8,1 | 24,3 | 40,5 | 56,7 | 72,9 | 89,1 |

| Продолжение таблицы ПЗ.2 | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 16 | от 0 до 0,25 | 0,028 | 5000 | 140,0 | 6,3 | 18,9 | 31,5 | 44,1 | 56,7 |
| 17 | от 0,25 до 0,5 | 0,023 | 5000 | 115,0 | 115,0 | 5,2 | 15,5 | 25,9 | 36,2 |
| 18 | от 0,5 до 0,75 | 0,019 | 5000 | 95,0 | 95,0 | 95,0 | 4,3 | 12,8 | 21,4 |
| 19 | от 0,75 до 1 | 0,016 | 5000 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 80,0 | 3,6 | 10,8 |
| 20 | от 1 до 1,25 | 0,014 | 50000 | 700,0 | 70,0 | 70,0 | 70,0 | 70,0 | 3,2 |
| 21 | от 1,25 до 1,5 | 0,012 | 50000 | 600,0 | 600,0 | 60,0 | 60,0 | 60,0 | 60,0 |
| 22 | от 1,5 до 1,75 | 0,010 | 50000 | 500,0 | 500,0 | 500,0 | 50,0 | 50,0 | 50,0 |
| 23 | от 1,75 до 2 | 0,008 | 50000 | 400,0 | 400,0 | 400,0 | 400,0 | 40,0 | 40,0 |
| 24 | от 2 до 2,25 | 0,005 | 50000 | 250,0 | 250,0 | 250,0 | 250,0 | 250,0 | 25,0 |
| 25 | от 2,25 до 2,5 | 0,003 | 50000 | 150,0 | 150,0 | 150,0 | 150,0 | 150,0 | 150,0 |
| 26 | более 2,5 | 0 | 50000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Итого | | 1 | | 5258,9 | 4883,3 | 4634,2 | 4504,5 | 4487,7 | 4622,7 |

Примечание:

150,0□ – ячейки с заливкой соответствуют рискам, связанным с возможным поздним прибытием порожнего вагона под погрузку.

По итогам расчётов (см. таблицу ПЗ.2) определено, что наименьшее значение суммарных рисков достигается при планируемом времени порожнего рейса вагона на 1 сутки больше математического ожидания (рисунок ПЗ.3). Таким образом, для достижения минимума непроизводительных расходов при разовом подводе порожнего вагона под погрузку необходимо предусмотреть его средний простой в страховом резерве $t_{рез}^0$ 1 сутки.

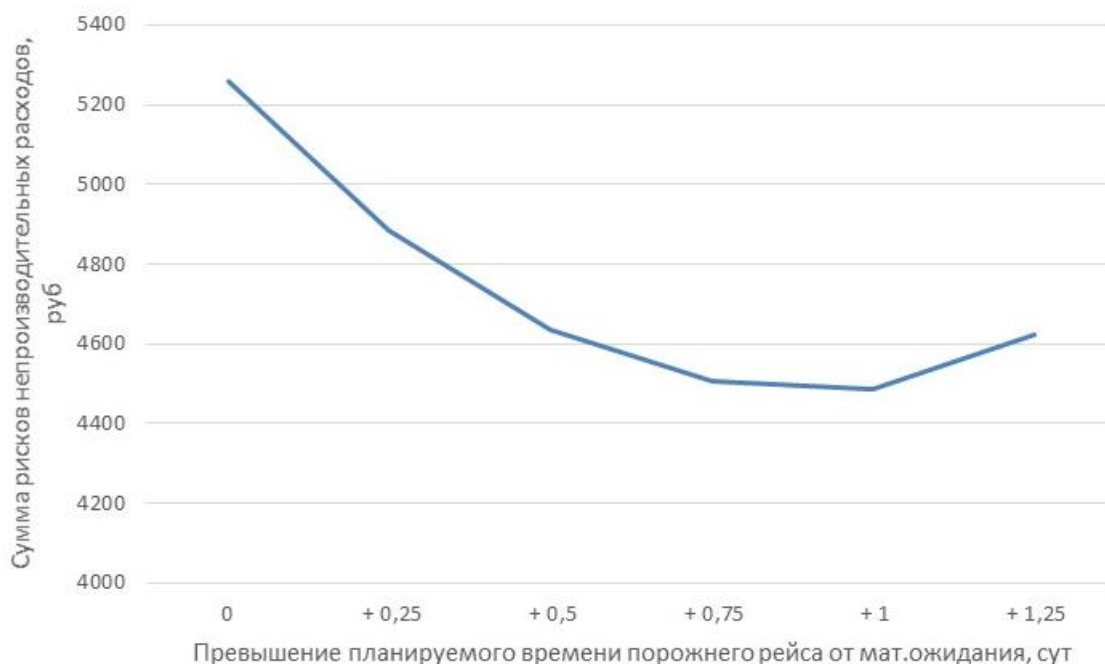


Рисунок ПЗ.3 – Зависимость суммарного значения рисков непроизводительных расходов от планируемого времени порожнего рейса.

Далее учитываем мощность вагонопотока, т.к. подвод порожних вагонов под погрузку осуществляется непрерывным вагонопотоком, имеющим нескольких отправок ежедневно.

Используя формулу (3.9), рассчитаем рациональное среднее значение простоя вагона в страховом резерве:

$$t_{рез} = \frac{1 \cdot \sqrt{7 \cdot 66^2 + 45^2 + 37^2 + 29^2 + 24^2}}{597} = \frac{\sqrt{35303}}{597} = 0,31 \text{ (сут.)}$$

Таким образом, рациональное планируемое время порожнего рейса на корреспонденции составит:

$$t_{\text{пор}}^{\text{рейс}} = \overline{t_{\text{пор}}} + t_{\text{рез}} = 5,5 + 0,31 = 5,81 \text{ (сут.)}$$

Вывод: При заданных условиях рациональное время планируемого порожнего рейса составит 5,81 суток.



ОАО «РЖД»
**ДЕПАРТАМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ
 БИЗНЕС-БЛОКОМ
 «ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ
 И ИНФРАСТРУКТУРА»**

Новая Басманная ул. 2, г. Москва, 107174,
 Тел.: (499) 262-46-75, факс: (499) 262-63-95,
 E-mail: rzd@rzd.ru, www.rzd.ru

10 июня 2019, № ИСХ-873/РЖД

На № _____ от _____

Акт о внедрении

Результаты диссертационного исследования Шатохина Андрея Андреевича на тему: «Совершенствование управления грузовыми вагонами в конкурентной среде» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.08 – «Управление процессами перевозок», а именно технологические предложения по совершенствованию пропуска и переработки порожних вагонопотоков приняты для дальнейшей разработки и реализации.

Предложенная технология «Виртуальной сортировки порожних вагонов» представляет практический интерес для ОАО «РЖД», т.к. её реализация позволит сократить расходы, связанные с пропуском порожних вагонопотоков и повысить эффективность взаимодействия всех участников перевозочного процесса.

Заместитель начальника
 Департамента



А.А.Аникин

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))

РОССИЙСКАЯ ОТКРЫТАЯ АКАДЕМИЯ
ТРАНСПОРТА

ул. Часовая, д. 22/2, стр. 1, Москва, 125190
Тел./факс: (499) 151-18-37, e-mail: org@rgotups.ru
ИНН/КПП 7715027733/771501001
ОГРН 1027739733922

УТВЕРЖДАЮ:

директор РОАТ,
доктор технических наук, профессор
_____ Апатцев В.И.
« 05 » _____ 2019 г.

АКТ

Об использовании результатов диссертационной работы А.А. Шатохина в учебном процессе факультета «Управление процессами перевозок» ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)

Мы нижеподписавшиеся:

- декан факультета «Управление процессами перевозок», кандидат технических наук, доцент А.П. Маштаков
- заведующий кафедрой «Эксплуатация железных дорог», кандидат технических наук, доцент Г.М. Биленко

Составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы соискателя Шатохина А.А. используются в учебном процессе факультета «Управление процессами перевозок», на кафедре «Эксплуатация железных дорог» по дисциплине «Управление эксплуатационной работой» и в дипломном проектировании для студентов специальности 23.05.04 «Эксплуатация железных дорог»; по дисциплине «Технология и управление движением на дорожном и сетевом уровнях», в разработке выпускных квалификационных работ для студентов направления подготовки бакалавриата 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

В учебный процесс внедрены Методические рекомендации по повышению качества управления и организации пропуска вагонопотоков на основе эффективного взаимодействия всех участников перевозочного процесса.

Декан факультета
«Управление процессами перевозок»,
кандидат технических наук, _____ А.П. Маштаков

Заведующий кафедрой
«Эксплуатация железных дорог»,
кандидат технических наук, доцент _____ Г.М. Биленко



Акционерное общество
«Первая Грузовая Компания»

Россия, г. Москва, 105066, ул. Новорязанская, д. 24
Тел.: +7 (495) 663-01-01; факс: +7 (499) 262-96-18
E-mail: office@pgkweb.ru
www.pgkweb.ru

13.06.2019 № АО-ИД/ДрР-708/19

Акт о внедрении

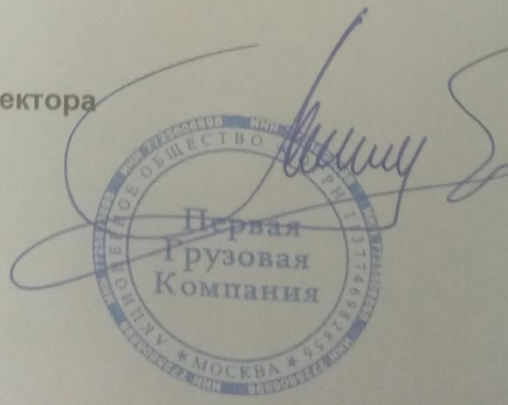
Результаты диссертационного исследования Шатохина Андрея Андреевича на тему: «Совершенствование управления грузовыми вагонами в конкурентной среде» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.08 – «Управление процессами перевозок», были использованы в подсистемах нормирования и планирования работы парка вагонов, что позволило получить существенный экономический эффект за счёт улучшения эксплуатационных показателей, а именно:

– методика по определению эксплуатационных показателей использования грузовых вагонов, при которых, в условиях наличия случайных факторов, достигаются наименьшие непроизводительные расходы;

– технологические решения, направленные на совершенствование технологии управления грузовыми вагонами, сокращение расходов ОАО «РЖД», связанных с переработкой порожних вагонопотоков в транзитном и местном сообщениях.

Предложенная технология «Виртуальной сортировки порожних вагонов» имеет перспективы для дальнейшей научной проработки и внедрения, т.к. её реализация позволит повысить эффективность взаимодействия всех участников перевозочного процесса и сократить расходы, связанные с пропуском порожних вагонопотоков.

Заместитель генерального директора
по оперативной работе



А.А. Печурин