

На правах рукописи

САФИУЛЛИН РУСЛАН РАВИЛЛОВИЧ

**МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА
ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ
АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ**

Специальность 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени

кандидата технических наук

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:

доктор экономических наук,

профессор

Горев Андрей Эдливич

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение.....	5
1	АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	13
1.1	Анализ проблемных вопросов перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов в РФ	13
1.2	Нормативное правовое регулирование перевозок крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов.....	18
1.3	Анализ влияния системообразующих факторов на эффективность перевозок крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов автомобильным транспортом	27
1.4	Обзор и анализ применяемых методов совершенствования перевозочного процесса крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов.....	47
1.4.1	Сравнительный анализ применяемых методик расчета возмещения вреда дорогам регионального значения при перевозке тяжеловесных грузов.....	47
1.4.2	Проблемы повышения эффективности перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом и исследования в данной области.....	65
1.5	Выводы по главе.....	69
2	РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ.....	72
2.1	Научно-теоретическое обоснование необходимости многокритериальной оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом	72
2.1.1	Системный подход в планировании крупногабаритных и (или) тяжеловесных перевозок автомобильным транспортом на основе снижения неблагоприятного воздействия транспортных средств на	

	автомобильные дороги.....	72
2.1.2	Теоретические основы развития грузовых автомобильных перевозок в условиях качественного изменения в области крупногабаритных и тяжеловесных перевозок.....	75
2.2	Математическое моделирование влияния системообразующих факторов на эффективность автомобильных перевозок тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов.....	82
2.3	Определение результирующей зависимости влияния величины превышения значения предельно допустимой массы и осевых нагрузок транспортного средства на размер вреда, причиняемого транспортными средствами.....	98
2.4	Методика многокритериальной оптимизации планирования перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом.....	128
2.5	Выводы по главе.....	143
3	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК.....	145
3.1	Программа экспериментальных исследований.....	145
3.2	Разработка методик исследований и планирование экспериментов.....	147
3.3	Исследование влияния размера возмещения вреда дорогам регионального значения на эффективность перевозок КТГ на основе метода экспертной оценки.....	152
3.4	Экспериментальные исследования по оценке степени износа дорожного полотна в зависимости от величины превышения значения предельно допустимой массы транспортного средства и превышения значений предельно допустимых осевых нагрузок.....	167
3.5	Результаты экспериментальных исследований и выводы.....	176
4	ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИК И АЛГОРИТМОВ ВЫБОРА	

ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СХЕМ ДОСТАВКИ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ.....	178
4.1 Разработка предложений по практической реализации методик и алгоритмов выбора оптимальных транспортных схем доставки тяжеловесных грузов.....	178
4.2 Разработка практических рекомендаций и технических предложений по совершенствованию планирования перевозочного процессов тяжеловесных грузов.....	190
4.2.1 Практические рекомендации по оптимизации планирования перевозочного процессов тяжеловесных грузов.....	190
4.2.2 Автоматизированная система весового контроля движения транспортных средств на основе применения матричного QR-кода и имитационная система контроля данных электронных систем управления транспортными средствами.....	212
4.3 Техничко-экономическая оценка предложений по комплексной оптимизации планирования перевозок тяжеловесных грузов автомобильным транспортом с учетом снижения воздействия на автомобильные дороги.....	229
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	247
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	250
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	251
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	260

ВВЕДЕНИЕ

Транспортирование тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов (далее – КТГ) автомобильным транспортом является одним из самых сложных видов грузовых перевозок, сопряженных с большим комплексом вопросов в части безопасности на транспорте и обеспечения сохранности транспортной инфраструктуры. При этом, невозможно представить функционирование наиболее важных отраслей экономики Российской Федерации без данной категории грузов, КТГ могут быть: строительная, сельскохозяйственная, техника; промышленное, горнодобывающее оборудование; части зданий, инженерных сооружений и многое другое.

В тоже время, анализ причин разрушения дорожного полотна выявил взаимосвязь между движением тяжеловесных грузовых автомобилей и сверхнормативным износом дорожных конструкций. Эта зависимость легла в основу решений, принимаемых Правительством Российской Федерации в последние годы, особое место в которых занимает обеспечение сохранности автомобильных дорог.

Указанное негативное влияние перевозок КТГ прочно связало в законодательстве Российской Федерации движение грузовых транспортных средств по автомобильным дорогам с ущербом от такого движения, в результате чего появились новые методы и механизмы взимания платы, а также ограничивающие меры, которые, в комплексе оказывают значительное влияние на эффективность и процесс планирования перевозки КТГ. В условиях, когда стоимость перевозки тяжеловесного груза сопоставима со стоимостью самого груза, участникам транспортного рынка приходится отходить от классических методов построения логистики и планирования маршрутов.

Под тяжеловесным грузом (далее – ТГ) подразумевается груз, который, при погрузке его на транспортное средство (далее – ТС), вызывает превышение хотя бы одного из параметров по разрешенной максимальной массе подвижного состава или осевым нагрузкам, определенных нормативными правовыми актами,

а под крупногабаритным грузом – груз, который, при погрузке на транспортное средство вызывает превышение хотя бы одного из параметров по предельным габаритным размерам подвижного состава (длине, ширине, высоте).

С 2015 года были изменены формулировки: тяжеловесными теперь необходимо считать транспортное средство, при этом в Порядок и Методику возмещения вреда [17] данные изменения внесены не были, в следствие чего, в данной работе будут использованы оба понятия.

Наиболее существенным в данных формулировках является то, что при контрольных мероприятиях учитывается именно вес, осевые нагрузки и габариты транспортного средства с грузом, при этом, законодатель разрешает движение сверхнормативного ТС по специальному разрешению и только с неделимым грузом. Все делимые грузы должны перевозиться отдельно, без превышений.

Также, существенным фактором, влияющим на эффективность перевозки КТГ, является значительное количество ограничений на автомобильных дорогах, связанных с массой и габаритами автопоезда. Данные ограничения связаны не только с проектной несущей способностью автомобильной дороги, но и с наличием искусственных дорожных сооружений, таких как мосты, путепроводы, ж/д переезды.

Актуальность темы исследования. Как было отмечено, анализ затрат на ремонт и восстановление автомобильных дорог привел к ужесточению контроля за перемещением грузовых автомобилей со стороны государственных структур. В последнее время были введены новые системы взимания платы, такие как «Платон» [19, 59], выросло количество платных дорог, планомерно вводятся автоматизированные системы контроля весогабаритных параметров.

Также, важным фактором, влияющим на работу всего автотранспортного комплекса, стала новая Методика определения размера вреда, причиняемого ТС, осуществляющими перевозку КТГ на автомобильных дорогах [17]. После ее утверждения стоимость транспортировки КТГ увеличилась в 8-21 раз.

В целом, с 2013 года государственными органами власти были предприняты следующие шаги к усилению контроля за движением грузовых транспортных средств:

- введен пропускной режим для грузового автомобильного транспорта в крупных городах Российской Федерации, таких как Москва и Санкт-Петербург;
- утверждена Методика расчета размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов;
- увеличены штрафы за несоблюдение законодательства в области движения тяжеловесных транспортных средств, введена ответственность грузоотправителя за указанное нарушение;
- введена система взимания платы с грузовиков, имеющих разрешённую максимальную массу свыше 12 тонн, - «Платон» [19, 59];
- развернута программа по установке до 2020 года почти 400 систем автоматизированного весогабаритного контроля транспортных средств на федеральных трассах.

Появление новых дорожных сборов, изменение законодательной базы, внедрение автоматизированных систем и ужесточение контроля – все это в значительной степени отразилось на процессе планирования и эффективности грузовых перевозок. В настоящее время получение разрешений на проезд и плата дорожных сборов стали наиболее весомыми критериями при построении логистики КТГ. С учетом размера вреда, возмещаемого в рамках оформления разрешающих документов, и времени, необходимого для такого оформления, затраты ресурсов по данным критериям превышают 50% от общих при перемещении ТГ.

Степень разработанности темы исследования. Исследования показали, что на сегодняшний день отсутствует комплексный подход или методика планирования перевозочного процесса тяжеловесных грузов, учитывающая новые значимые критерии, такие как: оформление специального разрешения на перевозку КТГ, оформление разрешение на движение грузового автомобиля по автомобильным дорогам федерального значения, прохождение контрольных

мероприятий в отношении весогабаритных параметров транспортного средства, оформление пропусков на движение по территориям с временными ограничениями.

Научная новизна. Анализ взаимодействия подсистем транспортной системы имеет большое значение при определении эффективности эксплуатации транспорта. При этом, в основе методов оптимизации работы автомобильного транспорта лежит выбор оптимального из множества вариантов использования ресурсов грузового автомобиля.

Для решения задачи оптимизации эксплуатации автомобильного транспорта, осуществляющего перевозки КТГ, в данной работе был определен показатель, который соответствует требованиям:

1. наибольшее влияние на эффективность перевозки КТГ;
2. возможность нахождения наилучшего значения без снижения работы автомобильного транспорта.

До настоящего времени такими показателями были: тип автопоезда, пробег, время простоя под погрузочно-разгрузочными операциями, а также прочие эксплуатационные расходы.

В изменяющихся условиях очевидной стала необходимость разработки новых методов оптимизации перевозочного процесса. Для этой цели были проанализированы все факторы, оказывающие влияние на эффективность перевозок ТГ.

В результате был разработан «эксплуатационный коэффициент», который определяет размер вреда, наносимого тяжеловесными транспортными средствами, и обеспечивает экономию ресурсов при перевозках.

В комплексе научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

1. В результате анализа перевозочного процесса ТГ автомобильным транспортом определены новые, ранее неисследованные, системообразующие факторы и обоснованы закономерности, оказывающие наибольшее влияние на эффективность перевозок ТГ.

2. Разработана математическая модель влияния весовых параметров транспортного средства на прочностные показатели дорожных конструкций, позволяющая определить основные показатели, имеющие наибольшее влияние на эффективность перевозок ТГ.

3. Разработан и обоснован обобщённый критерий оценки размера вреда, наносимого транспортными средствами автомобильным дорогам, позволяющий оценивать ущерб автомобильным дорогам (далее – АД) при разной несущей способности дорожных конструкций и степени превышения допустимых осевых нагрузок транспортного средства, учитывающий влияние основных показателей на эффективность перевозок ТГ, определены его численные значения.

4. Разработан алгоритм оценки эффективности автомобильных перевозок тяжеловесных грузов с учетом воздействия на автомобильные дороги при превышении значений предельно допустимой массы и осевых нагрузок транспортного средства, способный обеспечить выбор наилучшего варианта маршрутной сети перевозки ТГ с учетом снижения негативного воздействия на АД по установленным критериям.

5. Разработана методика комплексной оптимизации планирования перевозок ТГ автомобильным транспортом с учетом снижения воздействия на автомобильные дороги, которая позволяет на практике обеспечить оптимальный маршрут перевозок ТГ с учетом установления размера вреда пропорционального разрушающему воздействию тяжеловесного транспортного средства.

Теоретическая и практическая значимость работы. В соответствии с описанной выше проблемой, учитывая цели и задачи, определенные Федеральной целевой программой «Развитие транспортной системы России», среди которых: ускорение товародвижения, снижение транспортных издержек и повышение эффективности использования всех видов ресурсов транспортного комплекса, задача диссертационного исследования, заключающаяся в разработке нового системного подхода в планировании перевозочного процесса ТГ автомобильным транспортом на основе новых значимых критериев, имеет существенное значение

в области эксплуатации грузовых автомобилей, а также является важной научно-практической задачей.

Целью исследования является разработка методики многокритериальной оптимизации планирования процесса перевозки тяжеловесных грузов автомобильным транспортом посредством экономии ресурсов без потерь работы с учетом снижения негативного воздействия на автомобильные дороги.

Под оптимизацией в данной работе подразумевается – комплекс мероприятий, направленный на достижение максимальной эффективности в эксплуатации грузового автомобильного транспорта.

Объектом исследования является тяжеловесное автомобильное транспортное средство, **а предметом исследования** - управленческие и инфраструктурные решения, обеспечивающие оптимальное планирование перевозок тяжеловесных грузов с учетом снижения влияния на автомобильные дороги.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи исследования:**

Для достижения поставленной цели решены следующие научно-технические **задачи исследования:**

1. Проведен анализ состояния вопросов, связанных с планированием перевозок тяжеловесных грузов, и установлена закономерность влияния размера вреда, причиненного транспортными средствами автомобильным дорогам, на эффективность доставки ТГ.

2. Разработана математическая модель влияния весовых параметров транспортного средства на прочностные показатели дорожной конструкции с целью уточнения влияния параметров ТС на ущерб автомобильным дорогам.

3. Определен критерий оценки размера вреда, наносимого тяжеловесными транспортными средствами автомобильным дорогам, с целью оптимизации планирования перевозок тяжеловесных грузов.

4. Разработана методика комплексного эффективного планирования перевозочного процесса ТГ с учетом снижения негативного воздействия на автомобильные дороги.

5. Разработаны рекомендации по усовершенствованию существующей федеральной Методики расчета размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов.

Методы исследования. Исследования выполнены на основе математического анализа с использованием ЭВМ, в том числе с использованием программы Statgraphics и Excel. Использовались методы статистической обработки экспериментальных данных, корреляционно-регрессионного анализа экспериментальных данных, математическое моделирование влияния факторов на функционирование автомобильного транспорта, теория планирования эксперимента, метод экспертных оценок, метод Пирсона, экспоненциальная модель распределения, исследование планирования, оценки экономической эффективности, итерационные методы поиска оптимального решения, а также основные положения системного подхода. Обработка результатов исследований проведена методами математической статистики.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Закономерность влияния размера вреда, причиненного транспортными средствами автомобильным дорогам, на эффективность перевозки ТГ.

2. Математическая модель влияния весовых параметров транспортного средства на показатели эффективности перевозок ТГ.

3. Критерий оценки размера вреда, причиняемого транспортными средствами автомобильным дорогам при перевозке ТГ, для оптимизации планирования перевозок тяжеловесных грузов.

4. Методика многокритериальной оптимизации планирования перевозок ТГ автомобильным транспортом.

5. Алгоритм и рекомендации по оптимальному планированию перевозок тяжеловесных грузов.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

обусловлена корректностью поставленных задач, решение которых базируется на использовании фундаментальных и достоверно изученных положений; использованием методов статистического и корреляционно-регрессионного анализа, множественного регрессионного анализа; экспериментальными исследованиями, а также методом экспертной оценки.

Апробация работы: Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научно-практических конференциях: Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения», СПбГАСУ, 2014; Всероссийской научно-технической конференции 23-24 ноября 2017 г. «Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта»; ФГБОУ ВПО ТГУ, «Развитие теории и практики грузовых автомобильных перевозок, транспортной логистики» Омск, 02-03 декабря 2016 г.; «Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования» 2016 г. Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова; в Национальном минерально-сырьевом университете «Горный» на международной научно-практической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении» Санкт-Петербург, 14-15 апреля 2018 г.; конференции 29-30 марта 2018 года в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет».; 71-ой научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета, Санкт-Петербург, октябрь 2014 г. СПбГАСУ.

1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Анализ проблемных вопросов перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов в РФ

Перевозка КТГ автомобильным транспортом является одной из самых сложных видов автомобильных перевозок и, в тоже время, данная категория грузов является неотъемлемой частью промышленного и строительного комплексов. На значительных расстояниях автомобильный транспорт используется при транспортировке КТГ только лишь как средство подвоза-развоза, основная часть перевозки выполнялась железнодорожным, морским или речным видами транспорта, а также для перевозки на небольшие и средние расстояния (до 300 км). Однако, ввиду технических ограничений и доступности прочих видов транспорта, автомобильный является универсальным средством доставки КТГ и на расстояния свыше 500 км.

Грузовые автомобильные перевозки, особенно перевозки КТГ, являются важным фактором развития экономики страны. Развитие экономической составляющей приводит к увеличению объемов перевозок, а повышение эффективности процесса перевозки позволяет сократить производственные затраты и повысить отдачу инвестиций.

Согласно официальной информации Федеральной службы государственной статистики (РОССТАТ) [55] в России автомобильный транспорт занимает третье место по грузообороту (250,9 млрд. т-км), уступив трубопроводному (2614,9 млрд. т-км) и железнодорожному (2493,0 млрд. т-км).

Вместе с тем, в отношении внутреннего сообщения по тоннажу перевезенных грузов в 2017 году, равно как и в прошлые годы, с большим отрывом лидирует автомобильный транспорт, на который приходится 68,1% всех перевезенных грузов (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Структура грузоперевозок в России

Рисунок 1.2 иллюстрирует общий объем автомобильных грузоперевозок и объем перевозок на коммерческой основе, а рисунок 1.3 демонстрирует общий и коммерческий грузооборот автомобильного транспорта РФ за последние 7 лет (2010-2016 года). Данные для анализа были взяты с официального сайта правительства РФ раздел Транспорт и транспортная инфраструктура. Под грузооборотом в данной работе понимается объем транспортной работы по перевозкам грузов, а под объемом грузоперевозок – количество перевезенного автомобильным транспортом груза. Анализируя полученные диаграммы можно сделать вывод о том, что, начиная с 2012 и вплоть до начала 2016 года наблюдалось значительное снижение объемов перевозки грузов автомобильным транспортом, однако с 2016 года появилась тенденция роста перевозки различной номенклатуры грузов автомобильным транспортом, в том числе немаловажный вклад в объем перевозимых автомобильным транспортом грузов в последнее время вносят заявки на перевозки КТГ на строительные и промышленные объекты. [53, 69, 70]



Рисунок 1.2 – Объем перевезенного автомобильным транспортом груза, млн т, 2010 – 2016 год



Рисунок 1.3 – Грузооборот автомобильного транспорта по итогам 2010 – 2016 года, млрд т*км

В пользу развития грузовых перевозок на автомобильном транспорте на территории РФ говорит и географическая составляющая нашей страны. Из-за большой протяженности страны с севера на юг и с запада на восток существует большое количество населенных пунктов, не имеющих поблизости железных дорог или речных и морских путей, поэтому для них единственным возможным способом доставки грузов является автомобильный транспорт.

Грузовые автомобильные перевозки (ГАП) является универсальным, потому что позволяют сократить время доставки груза и доставить груз в любую точку РФ по технологии «от двери до двери», однако у них имеется ряд значительных недостатков, к которым относятся:

1. Низкая производительность ГАП на территории РФ по сравнению с развитыми Европейскими странами;

Данный фактор обусловлен значительным снижением скорости движения транспортных средств, а, следовательно, и товарной продукции почти в два раза, по сравнению с Европейскими странами (в частности с Германией). В большинстве своем ограничение скорости при грузовых крупногабаритных тяжеловесных перевозках обусловлено состоянием дорожного покрытия, категориями дорог и их пропускной способностью. Снижение скорости доставки тяжеловесных грузов является одной из причин роста издержек.

2. Использование технически устаревших моделей автотранспорта;

Большинство автотранспортных средств у автоперевозчиков имеют устаревшие модели, при этом такие ТС представляют собой повышенный уровень опасности для других автомобилей на дорогах. Возрастная структура парка грузовых автомобилей в процентном соотношении от общего количества эксплуатируемых грузовых автомобилей за период с 2010 по 2015 представлена на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Возрастная структура парка автомобилей

3. Неудовлетворительное состояние дорожного покрытия и инфраструктуры различных категорий дорог РФ, не развитость дорожной сети в северной и восточной частях страны.

Значительная часть дорог России находится в неудовлетворительном состоянии. Стоит отметить, что в последние годы (с 2015 года) темпы

восстановления и строительства автомобильных дорог федерального значения значительно улучшились. Вместе с тем дороги регионального и местного значения по-прежнему страдают от недостатка финансирования.

Большая часть недостатков ГАП напрямую связана непосредственно с движением по дорогам РФ грузовых ТС, поэтому в качестве основных факторов, влияющих на оптимизацию перевозочного процесса тяжеловесных грузов необходимо рассматривать состояние дорог, по которым осуществляется перевозка, т.к. в большинстве случаев разрешенная скорость движения АТС по дорогам РФ зависит от состояния и категорий дорог.

Согласно информации Федерального дорожного агентства «Росавтодор» основными причинами быстрого разрушения дорожного покрытия являются:

- Проезд большегрузных автотранспортных средств по дорогам федерального значения (56% от общего ущерба федеральным трассам).
- Проезд шипованного автотранспорта.

Согласно заключению данного ведомства ущерб, наносимый грузовиками, перевозящими тяжеловесные грузы и КТГ, различным дорогам РФ, в 2,6 раза превышает сумму, ежегодно выделяемую из госбюджета на обслуживание дорог. Данный анализ привел к ужесточению государственных мер регулирования перевозок КТГ.

За несколько лет существенно поменялся рынок негабаритных и тяжеловесных перевозок: изменилась география поставок, появились новые компании, стало производиться новое оборудование, которое часто имеет экстремально крупный вес.

Вывод. Грузовой автомобильный транспорт незаменим и оказывает существенное влияние на развитие промышленного, строительного комплексов и экономики страны в целом, что подтверждается официальной статистикой.

Каждая перевозка КТГ автомобильным транспортом сама по себе уникальна, она сопряжена с повышенной опасностью и особым контролем со стороны государственных органов. Для осуществления каждой перевозки крупногабаритного и (или) тяжеловесного груза, габариты или вес которого

существенно превышает нормативные, делаются инженерные изыскания: разрабатывается маршрут, укрепляются объекты на пути следования, переносятся коммуникации.

Особое положение и специфика КТГ автомобильных перевозок требует отдельных методов планирования, учитывающих условия, в которых будут осуществляться перевозки. В настоящее время данные методы отсутствуют.

1.2. Нормативное правовое регулирование перевозок крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов

Детальный анализ эффективности КТГ перевозок невозможен без понимания правил перевозок и меры ответственности за нарушение этих правил. Существенные штрафы за нарушение установленного порядка движения тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств (до 400 000 руб. для юридического лица) делают значительным фактором государственного управления и надзора за деятельностью транспортных компаний. В Российской Федерации данная отрасль регулируется нормативными правовыми актами федерального уровня с передачей части полномочий субъектам Российской Федерации и муниципальным образованиям.

Область грузовых перевозок и, в целом, движение автомобилей по автомобильным дорогам отнесены к сферам безопасности дорожного движения и дорожной деятельности: Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения» [49] и Федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [50].

Полномочия органов власти в сфере перевозок тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов установлены Федеральным законом от 08.11.2007 № 257-ФЗ [50].

Таким образом, органы государственной власти Российской Федерации в том числе уполномочены:

1) устанавливать порядок осуществления государственного надзора за обеспечением сохранности автомобильных дорог;

2) осуществлять федеральный государственный надзор за обеспечением сохранности автомобильных дорог федерального значения;

3) осуществлять дорожную деятельность в отношении автомобильных дорог федерального значения;

4) устанавливать порядок возмещения вреда, причиняемого транспортными средствами, масса которых с грузом или без груза и (или) масса нагрузки в расчете на одну ось которых превышают нормы, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации, и порядка определения размера такого вреда;

6) определять размер вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, при движении по автомобильным дорогам общего пользования федерального значения;

7) устанавливать порядок выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортных средств, осуществляющих перевозки опасных и (или) тяжеловесных грузов, и транспортных средств, габариты которых с грузом или без него превышают нормы, установленные нормативными правовыми актами Российской Федерации, порядка осуществления весового и габаритного контроля, в том числе организации пунктов весового и габаритного контроля, и порядка определения постоянно действующих маршрутов транспортных средств, осуществляющих перевозки опасных, тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов.

Органы государственной власти субъектов Российской Федерации в том числе уполномочены:

1) осуществлять региональный государственный надзор за обеспечением сохранности автомобильных дорог регионального и межмуниципального значения;

2) утверждать перечень автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения, перечня автомобильных дорог необщего пользования регионального или межмуниципального значения;

3) осуществлять дорожную деятельность в отношении автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения;

4) определять размер вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, при движении по автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения.

Органы местного самоуправления в том числе уполномочены:

1) осуществлять муниципальный контроль за обеспечением сохранности автомобильных дорог местного значения;

2) утверждать перечень автомобильных дорог общего пользования местного значения, перечня автомобильных дорог необщего пользования местного значения;

3) осуществлять дорожную деятельность в отношении автомобильных дорог местного значения;

4) определять размер вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, при движении по автомобильным дорогам общего пользования местного значения.

Исполнительные органы государственной власти Российской Федерации определяют общий порядок государственного надзора за сохранностью автомобильных дорог, дорожной деятельности, возмещения вреда, причиняемого при перевозках КТГ, и осуществляют перечисленные действия в отношении федеральных автомобильных дорог. Органы государственной власти субъекта Российской Федерации, в том числе Санкт-Петербурга, по вопросам ведения должны:

1. Утвердить перечень автомобильных дорог, в отношении которых они могут осуществлять государственный надзор и деятельность.
2. Осуществлять государственный контроль за сохранностью автомобильных дорог, находящихся в ведении данных органов, который включает организацию пунктов весогабаритного контроля. Стационарные пункты весогабаритного контроля и автоматизированные системы весогабаритного контроля в движении, в свою очередь, могут быть установлены только в рамках дорожной деятельности, такой как строительство, реконструкция или капитальный ремонт автомобильной дороги.
3. Определять размер вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки КТГ.

На основании сказанного можно сделать предварительный вывод о важности эффективного распределения полномочия между органами государственной власти, а также двустороннего взаимодействия государственных органов власти Российской Федерации с государственными органами власти субъекта Российской Федерации и местного самоуправления для их эффективной и слаженной деятельности.

Как было сказано ранее сфера грузовых перевозок на федеральном уровне регулируется двумя основными документами: Правилами дорожного движения Российской Федерации, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 23.10.1993 № 1090 [16], и Правилами перевозок грузов автомобильным транспортом, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2011 № 272 [18].

В развитие этих двух нормативных правовых актов издан ряд подзаконных актов, включая постановление Правительства Российской Федерации от 16.11.2009 № 934 [17], которым утверждены Правила возмещения вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов (далее – Правила возмещения вреда), и приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 24.07.2012 № 258, которым утвержден Порядок выдачи специального разрешения на движение по

автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозки тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов.

В рамках данного диссертационной работы будут детально рассмотрены Правила возмещения вреда. Данный документ по сути устанавливает тарифы на перевозки тяжеловесного груза, то есть груза, масса которого с учетом массы автопоезда и (или) осевые нагрузки превышают установленные постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2011 № 272 [18] нормативы.

Тут следует отметить, что указанным постановлением определены три категории автомобильных дорог: рассчитанных на осевую нагрузку 6 тонн/ось, 10 тонн/ось и 11,5 тонн/ось. Утверждена формула, по которой рассчитывается размер платы в счет возмещения вреда применительно к каждому участку автомобильной дороги, по которому проходит маршрут транспортного средства (формула 1.1). [17]

$$P_p = [P_{nm} + (P_{ном1} + P_{ном2} + \dots + P_{номi})] \times S \times T_{мг}, \quad (1.1)$$

где P_p – размер платы в счет возмещения вреда участку автомобильной дороги (рублей);

P_{nm} – размер вреда при превышении значения допустимой массы транспортного средства, определенный соответственно для автомобильных дорог федерального значения, автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения, автомобильных дорог местного значения, частных автомобильных дорог (рублей на 100 километров); (в ред. постановления Правительства РФ от 09.01.2014 № 12 (ред. 27.12.2014))

$P_{ном1}, P_{ном2}, P_{номi}$ – размер вреда при превышении значений допустимых осевых нагрузок, определенный соответственно для автомобильных дорог федерального значения, автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения, автомобильных дорог местного значения, частных автомобильных дорог (рублей на 100 километров); (в ред. постановления Правительства РФ от 09.01.2014 № 12 (ред. 27.12.2014))

i – количество осей транспортного средства, по которым имеется превышение допустимых осевых нагрузок; (в ред. постановления Правительства РФ от 09.01.2014 № 12 (ред. 27.12.2014))

S – протяженность участка автомобильной дороги (сотни километров);

T_{mz} – базовый компенсационный индекс текущего года, рассчитываемый по следующей формуле:

$$T_{mz} = T_{nz} \cdot X \cdot I_{mz} , \quad (1.2)$$

где T_{mz} – базовый компенсационный индекс предыдущего года (базовый компенсационный индекс 2008 года принимается равным 1, $T_{2008} = 1$);

I_{mz} – индекс-дефлятор инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования в части капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог на очередной финансовый год, разработанный для прогноза социально-экономического развития и учитываемый при формировании федерального бюджета на соответствующий финансовый год и плановый период.

С 01.07.2015 вступило в силу постановление Правительства Российской Федерации от 09.01.2014 № 12, которым внесены изменения в постановления Правительства Российской Федерации от 16.11.2009 № 934 [17], 15.04.2011 № 272, в частности, утверждена Методика расчета размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов.

В соответствии с Федеральным законом от 08.11.2007 № 257-ФЗ размеры вреда при превышении значения допустимой массы транспортного средства и осевых нагрузок, определенные соответственно для автомобильных дорог федерального значения, автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения, автомобильных дорог местного значения, устанавливаются соответствующим органом государственной власти.

Кроме того, поправками 2015 года в законодательстве изменены некоторые формулировки и ответственность за нарушение Порядка перевозки грузов автомобильным транспортом, в частности привозка КТГ теперь называется – движение тяжеловесных транспортных средств, в обязанности перевозчика добавлен запрет на перевозку делимых сверхнормативных грузов.

В качестве двух основных положительных моментов можно отметить:

1. установление ответственности грузоотправителя за сверхнормативную загрузку транспортного средства;
2. установление ответственности органа, уполномоченного за выдачу специальных разрешений, за нарушение сроков и порядка предоставления государственной услуги.

Федеральным законом от 13.07.2015 № 248-ФЗ введены следующие понятия: тяжеловесное транспортное средство - транспортное средство, масса которого с грузом или без груза и (или) нагрузка на ось которого превышают допустимую массу транспортного средства и (или) допустимую нагрузку на ось, которые устанавливаются Правительством Российской Федерации (постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2011 № 272 [18]); крупногабаритное транспортное средство – транспортное средство, габариты которого с грузом или без груза превышают допустимые габариты, установленные Правительством Российской Федерации; неделимый груз – груз, который без потери потребительских свойств или без риска его повреждения не может быть разделен на две и более части. При перевозке крупногабаритным транспортным средством неделимым считается груз, являющийся неделимым по габариту (габаритам), превышающему (превышающим) допустимые габариты транспортного средства при погрузке на него такого груза.

Тем же нормативным актом было внесено важное изменение в статью 29 Федерального закона от 27.11.2011 № 257-ФЗ, запрещающее движение по автомобильным дорогам на тяжеловесных и крупногабаритных транспортных средствах, осуществляющих перевозки грузов, не являющихся неделимыми.

Данное изменение существенно затронуло строительную отрасль, так как

большинство строительных материалов являются делимыми, например: бетон, щебень, песок, асфальт и прочие.

Не смотря на то, что все вышеуказанные изменения вступали в силу в течение года, недалёковидность некоторых транспортных компаний в 2015 году поставила их в затруднительное положение, а под час, и на грань выживания в следствие того, что государственные и прочие контракты были заключены без учета данных изменений, которые, в свою очередь, спровоцировали серьезный рост издержек и себестоимости работ.

До указанных изменений самосвалы, цементовозы и прочий специализированный подвижной состав загружали максимально возможным объемом сырья, часто перевозки осуществлялись без разрешающих документов. Внесение поправок в транспортное законодательство и усиление контроля со стороны контрольно-надзорных органов сократило загрузку грузовых автомобилей в среднем на 1/3. Встал вопрос эффективности некоторых моделей цементовозов и самосвалов, перевозящих асфальт, со сдвоенными задними осями, ведь в случае малой загрузки данных грузовых автомобилей большое количество перевозимого сырья застывает и, впоследствии, выводит из работы технику.

Ответственность за нарушение правил движения тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства предусмотрена статьей 12.21.1 Кодекса об административных правонарушениях Российской Федерации [8] (далее – КоАП), санкции за такое нарушение, как было сказано выше, достигают четырехсот тысяч рублей.

Кроме того, статьей 5.63.1 КоАП предусмотрена административная ответственность за нарушение требований законодательства, предусматривающих выдачу специальных разрешений на движение по автомобильным дорогам тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства, которая предусматривает, в том числе, нарушение установленных сроков согласования маршрутов тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства или срока выдачи специального разрешения. При этом санкция для должностного лица может достигать пятидесяти тысяч рублей, для юридических лиц - от

двухсот пятидесяти тысяч до пятисот тысяч рублей.

На ряду с изложенным, в 2015 году была введена дополнительная плата за движение по федеральным автомобильным дорогам общего пользования для грузовиков, имеющих разрешенную максимальную массу свыше 12 тонн, - система «Платон» [19, 59]. Следует отметить, что, не смотря на то, что плата взимается в счет возмещения вреда, какого-то научного обоснования размера платы нет, введен единый тариф для всех грузовых автомобилей указанной категории – 1,90 руб./км.

Ответственность за невнесение указанного платежа предусмотрена статьей 12.21.3 КоАП и достигает 10000 руб.

Также, отдельно следует отметить пропускной режим в отдельных городах, таких как Санкт-Петербург и Москва. Указанные ограничения были введены в 2013 году. Какой-либо платы, в данном случае, нет, государственная услуга предоставляется бесплатно, кроме того, существуют отдельные дороги, по которым можно проезжать без пропуска. Трудности для поставщиков транспортных услуг возникают при получении разрешающего документа, который необходим, чтобы не попасть под санкции статьи 12.16 КоАП за несоблюдение требований, предписанных дорожными знаками 3.4 «Движение грузовых автомобилей запрещено» - до 5000 руб.

Следует отметить, что указанные пропуска не предусмотрены какими-либо нормативными правовыми актами федерального уровня, данные ограничения весьма сомнительны с точки зрения юридической обоснованности.

Вывод. Область автомобильных перевозок КТГ регулируется нормативными правовыми актами федерального, регионального и местного уровней. Значительные меры административной ответственности, способные обанкротить небольшое транспортное предприятие, что указывает на необходимость правильного и комплексного планирования перевозок. Порядок осуществления перевозки описан подробно, но имеет ряд вопросов, которые требуют решения, в частности:

- не учитывается состояние автомобильной дороги при расчете размера вреда;
- недостатки Порядка расчета размера платы в счет возмещения вреда в части необоснованного удвоения;
- дублируются платы в счет возмещения вреда при оформлении специального разрешения и в системе «Платон» [19, 59];
- сложные и продолжительные процедуры получения разрешающих документов;
- государственные услуги предоставляются на бумажном носителе;
- большое количество получаемых разрешений, которые оказывают существенное влияние на процесс планирования перевозок КТГ.

1.3. Анализ влияния системообразующих факторов на эффективность перевозок крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов автомобильным транспортом

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 16.11.2009 № 934 [17] размер платы в счет возмещения вреда рассчитывается применительно к каждому участку автомобильной дороги, по которому проходит маршрут транспортного средства, по следующей формуле:

$$\Pi_p = [P_{\text{пм}} + (P_{\text{пом1}} + P_{\text{пом2}} + \dots + P_{\text{помi}})] \times S \times T_{\text{тг}}, \quad (1.3)$$

где:

$P_{\text{пм}}$ - размер платы в счет возмещения вреда участку автомобильной дороги (рублей);

$P_{\text{пом1}} \dots P_{\text{помi}}$ - размер вреда при превышении значения допустимой массы транспортного средства, определенный соответственно для автомобильных дорог федерального значения, автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения, автомобильных дорог местного значения, частных автомобильных дорог (рублей на 100 километров);

i - количество осей транспортного средства, по которым имеется превышение допустимых осевых нагрузок;

S - протяженность участка автомобильной дороги (сотни километров);

$T_{\text{тг}}$ - базовый компенсационный индекс текущего года.

Исходя из представленной зависимости видно, что размер платы прямо пропорционален размеру вреда, причиняемому грузовым автомобилем и пройденному расстоянию.

Как было отмечено выше, осуществление перевозок тяжеловесных и (или) негабаритных грузов автомобильным транспортом возможно на основании специального разрешения. Для получения такого разрешения Порядком выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозки тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов, предусмотрен перечень нужно документов, включающий в себя заявление, схему автопоезда/ТС (изображение ТС с указанием количества, взаимного расположения осей (расстояния между ними) и колес на данном ТС и распределение нагрузки по заданным осям с учетом технических характеристик самого ТС (автопоезда) и расположением на нем груза), копии документов на ТС (ПТС или свидетельство о регистрации ТС), указанного в схеме и в заявлении, на котором планируется осуществление перевозки КТГ, а так же документы на груз (ТТН, ПСМ, ПТС, документы от заводов-изготовителей, которые подтверждают параметры перевозимого груза: класс, габариты, весовые характеристики, особые условия перевозки). Заявление, схема и копии документов должны быть заверены:

а) Заявление и схема – подписью заявителя, руководителя/уполномоченного лица и печатью (для юридических лиц и ИП);

б) Копии документов – подписью и печатью владельца ТС/нотариально.

На рисунке 1.5 представлен алгоритм получения специального разрешения на перевозку крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов, наглядно демонстрирующий этапы формирования специального разрешения, в ходе которых может возникнуть необходимость дополнительных согласований с железной дорогой, электриками и балансодержателями дорог, а также с ГИБДД.

До получения специального разрешения необходимо уплатить госпошлину в размере 1600 руб. и все необходимые работы, возникшие при рассмотрении заявки на перевозку КТГ по выбранному маршруту (оплата счета за ущерб АД при превышении допустимых значений фактической полной массы АТС (автопоезда) и (или) осевых нагрузок, оплата счета за оформление проекта ОДД при превышении габаритных параметров, оплата укрепления дороги или искусственных дорожных сооружений при необходимости), в противном случае в выдаче специального разрешения будет отказано.

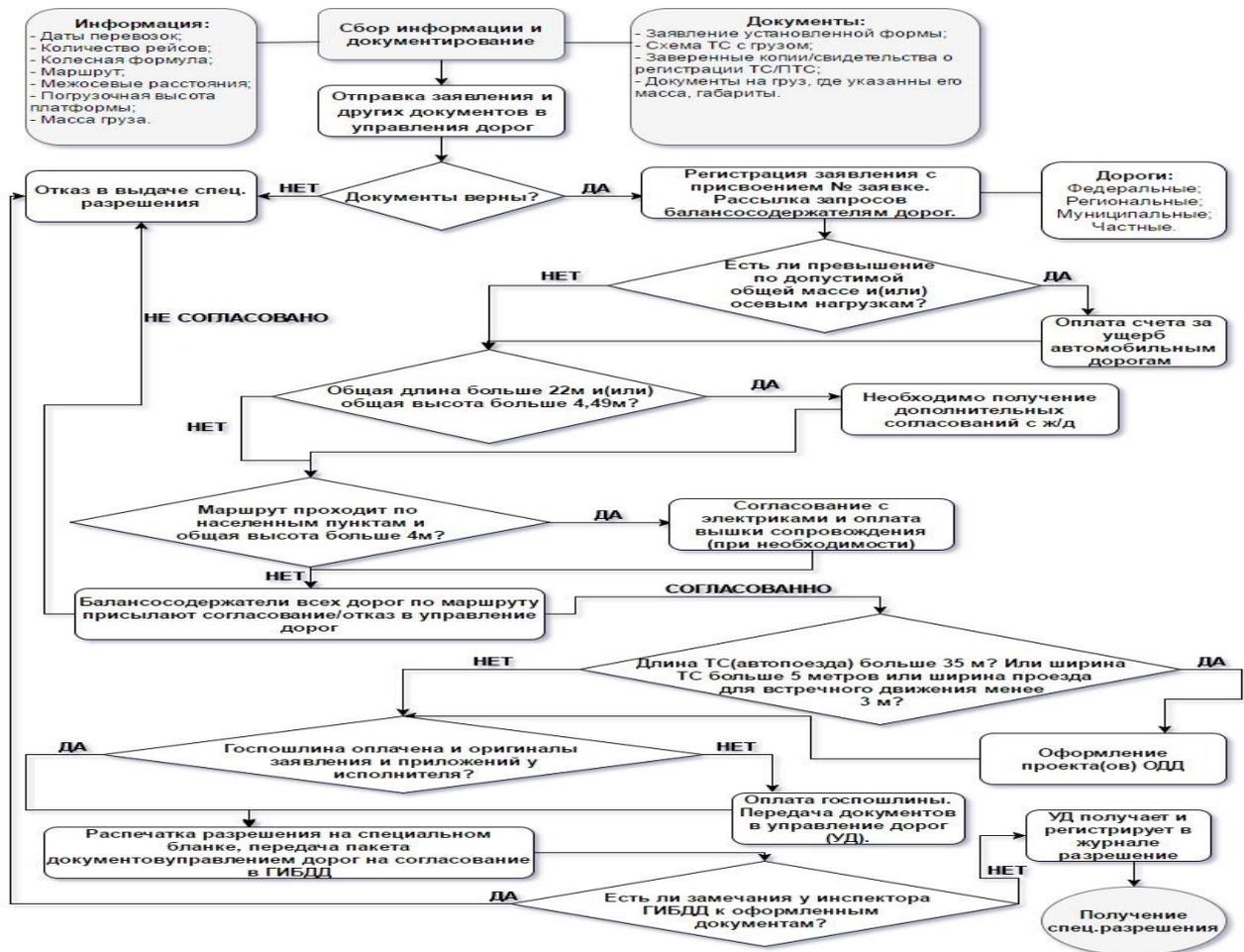


Рисунок 1.5 – Алгоритм оформления специального разрешения на перевозку КТГ

В таблице 1.1 приведен список органов, занимающихся выдаче специальных разрешений в зависимости от категорий дорог, по которым проходит маршрут.

Таблица 1.1 – Уполномоченные органы, выдающие специальное разрешение на движение по автомобильным дорогам РФ

Категории дорог, по которым пролегает маршрут	Федерального значения или их участков, или по территориям 2 и более субъектов РФ; Международное сообщение	Регионального и межмуниципального значения или их участков, находящиеся на территории 2 и более образований (районов, округов муниципалитета)	Местного значения в границах одного муниципалитета
Уполномоченный орган	Росавтодор	Орган исполнительной власти субъекта РФ	Орган местного самоуправления

В таблицах 1.2 и 1.3 приведены максимально допустимые массы и осевые нагрузки, при превышении которых необходимо получение специального разрешения. В большинстве случаев при перевозке тяжеловесных грузов используются автопоезда в составе седельного(ых) тягача(ей) и полуприцеп-тяжеловоза (трала), количество осей которого больше или равно 6, максимально допустимая масса для которых равна 44 тоннам, что приводит к необходимости возмещения ущерба дорожному полотну. С допустимыми осевыми нагрузками все обстоит сложнее. Если фактическую массу ТС из-за характеристик груза кардинально изменить нет возможности, то превышение нагрузок по осям можно сократить, а в некоторых случаях и вообще избежать, с помощью грамотного распределения нагрузок по осям и увеличения количества осей ТС (автопоезда). На информацию, представленную в данных таблицах необходимо ориентироваться при выборе ПС (автопоезда) и при подготовке схемы грузенного ТС, если превышения по осевым нагрузкам получаются значительными, то необходимо при наличии возможности рассмотреть другие варианты ПС.

Таблица 1.2 – Допустимые массы транспортных средств [18]

Тип ТС/комбинации ТС, количество и расположение осей	Допустимая масса транспортного средства, тонн
Одиночные ТС	
Двухосные	18
Трехосные	25
Четырехосные	32
Пятиосные	35
Автопоезда седельные и прицепные	

Трехосные	28
Четырехосные	36
Пятиосные	40
Шестиосные и более	44

Таблица 1.3 – Допустимые осевые нагрузки транспортных средств [18]

Расположение осей транспортного средства	Расстояние между сближенными осями (метров)	Допустимые осевые нагрузки колесных транспортных средств, в зависимости от нормативной осевой нагрузки и числа колес на оси		
		для автомобильных дорог, рассчитанных на осевую нагрузку 6 тонн/ось	для автомобильных дорог, рассчитанных на осевую нагрузку 10 тонн/ось	для автомобильных дорог, рассчитанных на осевую нагрузку 11,5 тонн/ось
Одиночные	от 2,5 м и более	5,5 (6)	9 (10)	10,5 (11,5)
Сдвоенные оси прицепов, полуприцепов, грузовых автомобилей, автомобилей-тягачей, седельных тягачей при расстоянии между осями (нагрузка на тележку, сумма осевых масс)	до 1 (включительно)	8 (9)	10 (11)	11,5 (12,5)
	от 1 до 1,3 (включительно)	9 (10)	13 (14)	14 (16)
	от 1,3 до 1,8 (включительно)	10 (11)	15 (16)	17 (18)
	от 1,8 до 2,5 (включительно)	11 (12)	17 (18)	18 (20)
Строенные оси прицепов, полуприцепов, грузовых автомобилей, автомобилей-тягачей, седельных тягачей при расстоянии между осями (нагрузка на тележку, сумма осевых масс)	до 1 (включительно)	11 (12)	15 (16,5)	17 (18)
	до 1,3 (включительно)	12 (13)	18 (19,5)	20 (21)
	от 1,3 до 1,8 (включительно)	13,5 (15)	21 (22,5)	23,5 (24)
	от 1,8 до 2,5 (включительно)	15 (16)	22 (23)	25 (26)
Сближенные оси грузовых автомобилей, автомобилей-тягачей, седельных тягачей, прицепов и полуприцепов, с количеством осей	до 1 (включительно)	3,5 (4)	5 (5,5)	5,5 (6)
	от 1 до 1,3 (включительно)	4 (4,5)	6 (6,5)	6,5 (7)
	от 1,3 до 1,8 (включительно)	4,5 (5)	6,5 (7)	7,5 (8)
	от 1,8 до 2,5	5 (5,5)	7 (7,5)	8,5 (9)

более трех при расстоянии между осями (нагрузка на одну ось)	(включительно)			
Сближенные оси транспортных средств, имеющих на каждой оси по восемь и более колес (нагрузка на одну ось)	до 1 (включительно)	6	9,5	11
	от 1 до 1,3 (включительно)	6,5	10,5	12
	от 1,3 до 1,8 (включительно)	7,5	12	14
	от 1,8 до 2,5 (включительно)	8,5	13,5	16

Анализ эксплуатационных расходов на перевозку крупногабаритного и тяжеловесного груза

Себестоимость перевозок – это стоимостная оценка затрат всех видов ресурсов, приходящихся на единицу продукции.

Производственная себестоимость (C) включает в себя:

— Постоянные затраты (C_{const}): активная часть (ПС) + пассивная часть (материально-техническая база предприятия);

— Переменные затраты ($C_{пер}$): материальные ресурсы (топливо, ГСМ, электроэнергия и т.д.);

— Труд (З/п) (заработная плата сотрудников)

И может быть рассчитана по формуле (2.1):

$$C = C_{const} + C_{пер} + З/п \quad (1.4.)$$

Существует специальное положение о составе затрат, которым утвержден состав и содержание экономических элементов затрат, обязательных для всех АТП, к ним относятся:

- материальные затраты (за вычетом возвратных отходов);
- затраты на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизация основных фондов;
- прочие расходы.

Транспортные затраты имеют сложную структуру, определяющую их характер и условия использования в процессе производства. Сумму издержек автотранспортного предприятия, непосредственно связанных с выполнением перевозок часто называют эксплуатационными расходами. Эксплуатационные расходы включают в себя переменные и постоянные расходы, а также заработную плату водителей, которую иногда называют условно-постоянной.

К постоянным расходам АТП можно отнести:

1) Общехозяйственные расходы.

Расходы на воду, электричество, спецодежду, охрану труда, технику безопасности, повышение квалификации и подготовку кадров и т.д.

2) Обязательное страхование имущества.

Платежи по обязательному страхованию, устанавливаются в % от остаточной стоимости основных фондов и балансовой стоимости товарно-материальных ценностей.

3) Плата по процентам за банковские кредиты.

4) Плата за пользование землей.

Расходы за общую площадь, используемую предприятием, в рублях за один квадратный метр площади.

5) Транспортный налог.

Данный налог взимается в рублях на 1 лошадиную силу используемых транспортных средств. Ставки транспортного налога для грузовых АТС приведены в таблице 1.4. Базовые ставки устанавливает НК РФ. Они приведены в таблице ниже. Регионы вправе изменять эти ставки, но не более чем в 10 раз. Сумма транспортного налога для грузовых АТС может быть снижена на сумму возмещения вреда автомобильным дорогам федерального значения РФ СВП «Платон» [19, 59].

Таблица 1.4. Ставки транспортного налога для грузовых автомобилей на 2017 год

Объект налогообложения: Автомобили грузовые с мощностью двигателя (с каждой лошадиной силы)	Ставка налога, рубли
до 100 л.с. (до 73,55 кВт) включительно	2,5
свыше 100 л.с. до 150 л.с. (свыше 73,55 кВт до 110,33 кВт)	4

включительно	
свыше 150 л.с. до 200 л.с. (свыше 110,33 кВт до 147,1 кВт) включительно	5
свыше 200 л.с. до 250 л.с. (свыше 147,1 кВт до 183,9 кВт) включительно	6,5
свыше 250 л.с. (свыше 183,9 кВт)	8,5
Другие самоходные транспортные средства, машины и механизмы на пневматическом и гусеничном ходу	2,5

б) Дорожный налог.

Взимается на основе Закона о дорожных фондах в размере 2,7% от валовых доходов предприятия.

К переменным расходам относятся:

1) Затраты на топливо и ГСМ.

Затраты на топливо включают в себя затраты на транспортную работу, надбавки за работу в зимнее время, внутри гаражные нужды и т.п. Расходы на ГСМ и прочие эксплуатационные материалы включают все потребности предприятия в этих материальных ресурсах. При укрупненных расчетах их можно принять в размере 5,6% от стоимости топлива. При грузовых перевозках автопоездами расход топлива (Q_n) можно рассчитать по следующей формуле:

$$\bullet \quad Q_n = 0,01 \times (H_{san} \times S + H_w \times W) \times (1 + 0,01 \times D) \quad (1.5)$$

•

где S – пробег ТС (автопоезда);

H_{san} – норма расхода топлива на пробег автомобиля (тягача) в снаряженном состоянии без груза, л/100 км, определяется по формуле (2.3);

H_w – норма расхода топлива на транспортную работу, л/100 т*км;

W – объем транспортной работы, т*км, определяется, соответственно по формуле (2.4);

D – поправочный коэффициент (суммарная относительна надбавка или снижение) к норме в %.

$$\bullet \quad H_{san} = H_s + H_g * G_{пр} \quad (1.6)$$

•

где H_s – базовая норма расхода топлива на пробег автомобиля (тягача) в снаряженном состоянии, л/100км. В случае одиночного автомобиля, тягача $H_{san}=H_s$;

H_g – норма расхода топлива на дополнительную массу прицепа или полуприцепа, л/100 т*км;

$G_{пр}$ – собственная масса прицепа или полуприцепа, т;

$$W = G_{гр} + S_{гр} \quad (1.7)$$

•

где $G_{гр}$ – масса груза, т;

$S_{гр}$ – пробег с грузом, км.

Подставив формулы (2.3) и (2.4) в формулу (2.2) получим расход топлива на заданном маршруте:

$$Q_n = 0,01 * ((H_s + H_g * G_{пр}) * S + H_w * (G_{гр} + S_{гр})) * (1 + 0,01 * D) \quad (1.8)$$

•

При укрупненных расчетах стоимость топлива и ГСМ ($C_{т+ГСМ}$) в рублях на маршруте можно определить по формуле (2.6).

$$C_{т+ГСМ} = 1,056 * Q_n * C_{тл} \quad (1.9)$$

•

где $C_{тл}$ – стоимость литра топлива, руб.

2) Расходы на восстановление износа и ремонт шин.

Норма эксплуатационного пробега шины (H_i) получается умножением среднестатистического пробега шины на поправочные коэффициенты

$$H_i = H * K_1 * K_2 \quad (1.10)$$

где H – среднестатистический пробег шины, тыс. км;

K_1 – поправочный коэффициент, учитывающий категорию условий эксплуатации автотранспортного средства;

K_2 – поправочный коэффициент, учитывающий условия работы автотранспортного средства.

Затраты на восстановление износа и ремонт шин будем рассчитывать по формуле:

$$C_{\text{ш}}=(L*N_{\text{ш}}*\text{Ц})/H_i, \quad (1.11)$$

где L – пробег АТС (автопоезда), км.;

$N_{\text{ш}}$ – количество колес, шт.;

Ц – стоимость 1 покрышки, руб.;

3) Амортизация основных фондов.

Отражает сумму амортизационных отчислений на полное восстановление. Сумма вычисляется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и утвержденных норм, включая ускоренную амортизацию их активной части (транспортных средств), проводимую в соответствии с законодательством.

В мире используются следующие виды амортизационных списаний:

- линейное или пропорциональное, которое может быть простым или ускоренным;

- дополнительное (когда сумма амортизационных отчислений больше, чем первоначальная стоимость списываемого объекта);

- особое (когда государство разрешает временно увеличить норму отчислений);

- предварительное (когда амортизационное списание осуществляется до начала функционирования оборудования);

- списание с уменьшающегося остатка (когда отчисления производятся не от первоначальной, а от балансовой стоимости основных фондов).

На большинстве АТП используется линейный способ начисления амортизации. Амортизационные отчисления C_a (руб), начисляемые линейным способом, можно рассчитать по формуле (2.9):

- $$C_a = H_a * C_6 / 100, \quad (1.12)$$
-

где H_a – норма годовых амортизационных отчислений (%);

C_6 – балансовая стоимость автомобиля (руб.).

Норма амортизационных отчислений определяется исходя из срока службы (полезного использования) автомобиля:

- $$H_a = \frac{1}{T_{\text{сл}}} * 100, \%, \quad (1.13)$$

-

где $T_{\text{сл}}$ - срок службы автомобиля (лет).

Срок службы подвижного состава ($T_{\text{сл}}$) определяется из «Классификации основных «средств», включаемых в «амортизационные» группы», утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 1 января 2002(в ред. от 07.07.2016).

4) Затраты на ТО и ТР. Затраты на ремонтный фонд

Затраты на ТО и ТР($C_{\text{ТОиТР}}$) определяются из соотношения (1.14):

- $$C_{\text{ТОиТР}} = \frac{(H_{\text{ТО}} + H_{\text{ТР}}) * L_{\text{об}}}{1000}, \quad (1.14)$$

-

где $H_{\text{ТО}}$ - норма затрат на ежедневное обслуживание, ТО-1, ТО-2 на 100км пробега;

$H_{\text{ТР}}$ - норма затрат на текущий ремонт на 1000км пробега;

$L_{\text{об}}$ - общий пробег подвижного состава, км

Ремонтный фонд включает затраты на материалы, запасные части и расходы, связанные с капитальным ремонтом. В целом плановая сумма затрат по этой статье не должна превышать 0,45% на 1 тыс. км. пробега.

Расходы АТП, связанные с оплатой труда:

А) Фонд оплаты труда.

Включает все расходы предприятия на оплату труда независимо от источника финансирования их выплат, включая денежные суммы, начисленные рабочим за проработанное время, за не проработанное время, в течении которого за ними сохраняется заработная плата, а также включая стимулирующие и компенсирующие выплаты.

Б) Начисление на фонд оплаты труда (единый социальный налог) составляет 35,6% от суммы фонда оплаты труда.

Особое внимание стоит уделить оплате труда водителей, перевозящих тяжеловесные и(или) негабаритные грузы, т.к. к данной категории работников применяются особые требования из-за специфики работы. Оплата труда водителей включает в себя зарплату, начисленную согласно тарифным ставкам, а также дополнительных надбавок за классность и/или условия работы, поощрительных доплат и премий.

Вознаграждение труда водителей зависит от следующих факторов:

- категории водителя;
- классность водителя;
- условий труда (условий манеры вождения, уровня сложности в управлении ТС и т.п.);
- наличия переработки;
- графика работы (дневное время, ночное время).

При перевозке КТГ для оплаты труда водителей чаще всего применяется сдельная ставка за перевезенный тоннаж или произведенные тонно-километры. Данный способ оплаты труда обычно применяется в случае, когда необходимо оценить все тонкости условий труда и сложности производства ТС, что полностью соответствует перевозкам КТГ автомобильным транспортом.

Сдельная оплата может рассчитывается по формуле (1.15):

- за пройденное расстояние (км),
- за тонны (т),
- за тонно-километры (т*км).

$$OT_c = (V_d * T_d + V_n * T_n) * K_k * K_{y.t.} + V_{пер} * K_{пер} + П, \quad (1.15)$$

где OT_c – сдельная оплата труда;

V_d – дневная фактическая выработка (по плану);

V_n – ночная фактическая выработка (по плану);

T_d – дневной тариф (зависит от категории водителя);

T_n – ночной тариф (зависит от категории водителя);

K_k – коэффициент за классность;

$K_{у.т.}$ – коэффициент за выполнение транспортной работы в особых условиях труда;

$V_{пер}$ – сверхвыработка;

$K_{пер}$ – коэффициент переработки;

Π – премия.

Тарифы и коэффициенты разрабатываются отделом труда и заработной платы и не могут нарушать нижний предел нормативов, утвержденных законодательной базой РФ.

Затраты на содержание и эксплуатацию транспортных средств составляют весьма значительную часть расходов АТП. Данные расходы участвуют в формировании себестоимости продукции, поэтому они должны быть экономически обоснованными и подтверждаться документами.

При перевозке специализированных крупногабаритных и тяжеловесных грузов важную роль играют дополнительные переменные расходы, связанные с необходимостью оплаты: машин прикрытия, количество и условия использования которых определяются исходя из габаритов ТС (автопоезда) (см. таблицу 1.5); работ специальной техники, особенно актуальной при перевозках КТГ большой высоты.

Таблица 1.5 Обязательные условия использования автомобиля прикрытия

Мероприятия по обеспечению БДД	Габаритные параметры ТС с грузом									
	Высота более 4,5 м	Ширина								
		До 3,5 м		3,5-4 м		4-4,5 м		4,5-5 м	От 5 м	
		Длина								
	25-40 м	Более 40м	До 40 м	Более 40 м	До 40 м	Более 40 м	Любая	Любая		
Автомобиль прикрытия спереди	1	1	2	1	2	1	2	2	Определяется проектом ОДД	
Автомобиль прикрытия сзади		1	1	1	1	1	1	1		

В случае негабаритных перевозок автомобильным транспортом в некоторых ситуациях возникает необходимость разработки специальных проектов организации дорожного движения, с целью избегания аварийно- опасных случаев на автомобильных дорогах РФ. Т.к. данная работа посвящена в большей степени тяжеловесным грузам, негабаритные перевозки более детально рассмотрены не будут.

Еще одной глобальной частью переменных затрат при перевозках тяжеловесных грузов является уже упомянутая ранее необходимость возмещения ущерба за превышения допустимой полной массы ТС (автопоезда) и (или) за превышение допустимой осевой нагрузки, установленной для данной группы ТС и нормативной (расчетной) нагрузки на для автомобильных дорог, по территории которых проходит маршрут. Размер возмещения ущерба за проезд по федеральным дорогам общего пользования РФ регулирует постановление Правительства РФ № 934 «О возмещение вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам РФ» [17]. Для снижения данной статьи расходов необходимо грамотно разрабатывать маршрут перевозки, с учетом допустимых осевых нагрузок для автомобильных дорог, наличия на маршруте искусственных дорожных сооружений и допустимой нагрузки на данных сооружениях по массе и по осям, и подбирать соответствующие ТС (автопоезда), позволяющие свести к минимуму превышение нагрузок по осям, т.к. ошибка при подборе транспортного средства может резко увеличить себестоимость перевозки тяжеловесных грузов. В некоторых случаях перед выдачей специального разрешения на перевозку требуется оценка состояния некоторых участков дорог и искусственных сооружений, что в свою очередь приводит к увеличению затрат, однако отказ от оценки состояния автомобильной дороги или сооружения в случае, если это необходимо, приводит к отказу в выдаче специального разрешения.

В настоящее время существует ряд ограничений на движение грузовых автомобилей, в отношении тяжеловесных транспортных средств наряду с ограничениями существует особый порядок движения. Данный порядок включает

согласование маршрута движения с владельцами автомобильных дорог и инженерных сооружений, возмещение причиняемого вреда. Вред, в свою очередь, зависит от категории автомобильной дороги и тарифов, установленных владельцем таких дорог. Чем ниже несущая способность автомобильной дороги, тем выше тариф за проезд по ней.

Учитывая изложенное, очевидно, что выбор маршрута перевозки автомобильным транспортом должен осуществляться с учётом категорий дорог, состояния дорожного покрытия, имеющихся временных и постоянных ограничений на движение подвижного состава, преодолеваемого расстояния и затрат, связанных с этой перевозкой.

К затратам относятся стоимость разрешения на перевозку (львиная доля затрат), в стоимость которого надо включить компенсацию наносимого дорожному полотну ущерба. Также существуют намного более затратные работы, например, необходимость усиления дорожных одежд и мостовых сооружений.

В отношении крупногабаритных грузов, помимо указанного, существуют затраты, связанные с частичным или полным демонтажем электросетей в черте города и на ж/д переездах, организацией сопровождения. В некоторых случаях требуется разработка проектов крепления и перевозки КТГ. Поэтому перевозки грузов, значительно превышающих установленные весогабаритные параметры, в настоящее время считаются «проектными».

Автотранспортное средство с грузом или без груза считается тяжеловесным, если его параметры массы превышают, хотя бы на один из установленных показателей [18].

Особая природа крупногабаритных тяжеловесных грузов, значительные размеры, масса обуславливают специфику и особенность их перевозки. К ним относятся: уникальность груза, которая предопределяет, во-первых, единичный характер самой перевозки, а, во-вторых, более сложные условия транспортировки и проведения погрузочно-разгрузочных работ. Для перевозок КТГ применяются специально приспособленный подвижной состав, специфические способы и средства погрузки и разгрузки. Для проведения погрузочно-разгрузочных работ

используется особая технология их производства. Повышенные требования предъявляются и к организации перевозок, т.к. грузопотоки КТГ характеризуются крайней нестабильностью. Жесткие ограничения налагаются на маршрут транспортировки. Необходимо соблюдать допустимые нагрузки на ось, возможность проезда по мостам, путепроводам и другим искусственным сооружениям. Особую сложность представляет и сама организация движения транспортного средства с КТГ.

Чтобы систематизировать все операции процесса планирования перевозки КТГ был разработан алгоритм проектирования данного технологического процесса. Данный алгоритм применим при разработке любого проекта перевозки КТГ и состоит из следующих этапов:

- подготовка исходных данных: сбор и систематизация сведений о грузе и условиях перевозке;
- выбор вида сообщения и подвижного состава на основании исходных данных;
- выбор способов погрузки разгрузки груза;
- составление маршрута;
- оформление документов и получение разрешения на перевозку;
- осуществление перевозки.

Практически для каждого этапа должны быть применены информационные технологии, которые позволяют существенно сэкономить время разработки проекта и согласования необходимых документов, а также упрощают обмен информации о выполнении этапов перевозки КТГ между всеми участниками транспортного процесса. Более того, применение телематики в данном алгоритме позволяет управлять оперативной информацией с целью обеспечения безопасности при перевозке КТГ.

Обычный принцип формирования маршрутов перевозки грузов, кроме опасных и сверхнормативных, заключается в поиске кратчайшего по расстоянию маршрута, а в условиях рынка – иногда наиболее краткого и дешевого его

выполнения. Но при перевозке сверхнормативных грузов самое важное – выдержать условия безопасности для поддержания в нормальном состоянии дорожно-транспортной сети и ее инженерных сооружений.

Взаимодействия бинарной системы («транспортное средство – груз») с дорогой и ее сооружениями очень сложны и не всегда адекватны. Маршрут должен быть составлен таким образом, чтобы минимизировать ущерб от проезда тяжеловесного автомобиля.

Перевозка КТГ осуществляется в усложнившихся условиях дорожного движения, характеризующихся в нашей стране отставанием роста дорожной сети, меньшими по сравнению с принятыми в мировой практике ограничениями осевых нагрузок на транспортных сетях, изменением структуры транспортных потоков, увеличением интенсивности и допустимой скорости движения.

Немаловажным условием для эффективной перевозки КТГ автомобильным транспортом является хорошо приспособленный к поставленной задаче технологический процесс доставки КТГ.

Технология процесса перевозки КТГ представляет собой реализацию рассматриваемого перевозочного процесса путем разбиения его на совокупность последовательных взаимосвязанных более или менее однозначных этапов (операций), которые имеют своей конечной целью повысить эффективность перевозок. Основная задача внедрения технологий – сократить количество операций и сделать сам процесс более целенаправленным.

Последовательность разработки технологического процесса перевозок КТГ:

- установка характеристик перевозки;
- установка способа выполнения ПРР;
- выбор оптимального маршрута и технологии перевозки;
- разработка технологической документации;
- учет выполнения требований, указанных в специальном разрешении;
- анализ характеристик технологического проекта;
- утверждение технологического проекта.

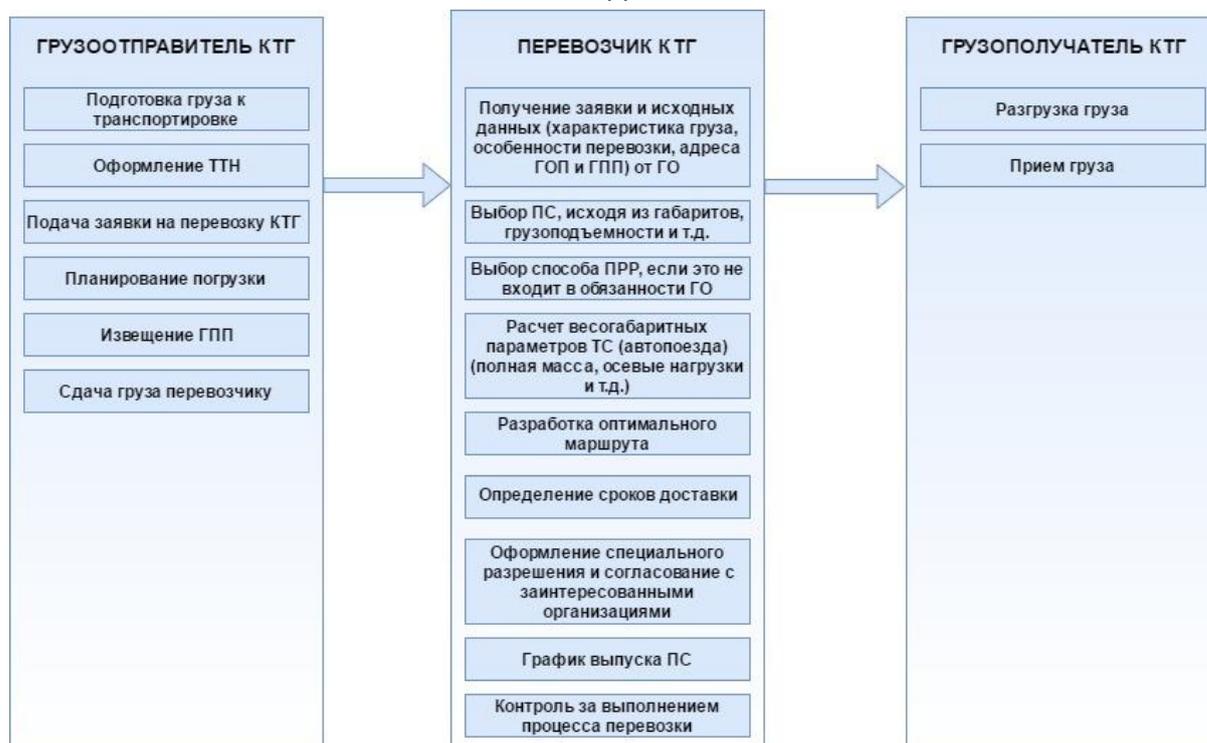


Рисунок 1.6. – Основные этапы технологического процесса перевозок КТГ

Усовершенствование технологического процесса является основным условием повышения эффективности перевозки.

Оценка эффективности выбранной технологии доставки может быть проведена по следующим критериям:

- себестоимость перевозок;
- удельные затраты;
- производительность подвижного состава;
- качество перевозок.

При планировании перевозки КТГ необходимо учитывать все факторы, оказывающие влияние на заданный тип перевозок, потому что не учет какого-то одного из факторов может повлечь резкое увеличение стоимости перевозки или привести к снижению безопасности транспортировки грузов.

На рисунке 1.7 схематично приведены все факторы, оказывающие влияние на перевозку КТГ автомобильным транспортом, которые необходимо учитывать на стадии планирования.



Рисунок 1.7. Факторы, оказывающее влияние на перевозку КТГ автомобильным транспортом.

На рисунке 1.8 представлена диаграмма, отражающая расходы перевозки КТГ. Для построения диаграммы была взята распространённая перевозка: перемещение крупногабаритного и тяжеловесного груза, не требующее укрепления автомобильных дорог, инженерных сооружений и организации сопровождения. Превышение составило 20 % по общей массе, габариты – по длине на 0,5 м, маршрут движения - из Санкт-Петербурга в Москву с возвратом порожнего транспортного средства (без превышения установленных нормативов,

но с оплатой движения по федеральным автомобильным дорогам), расход ГСМ средний для автомобилей такого класса.

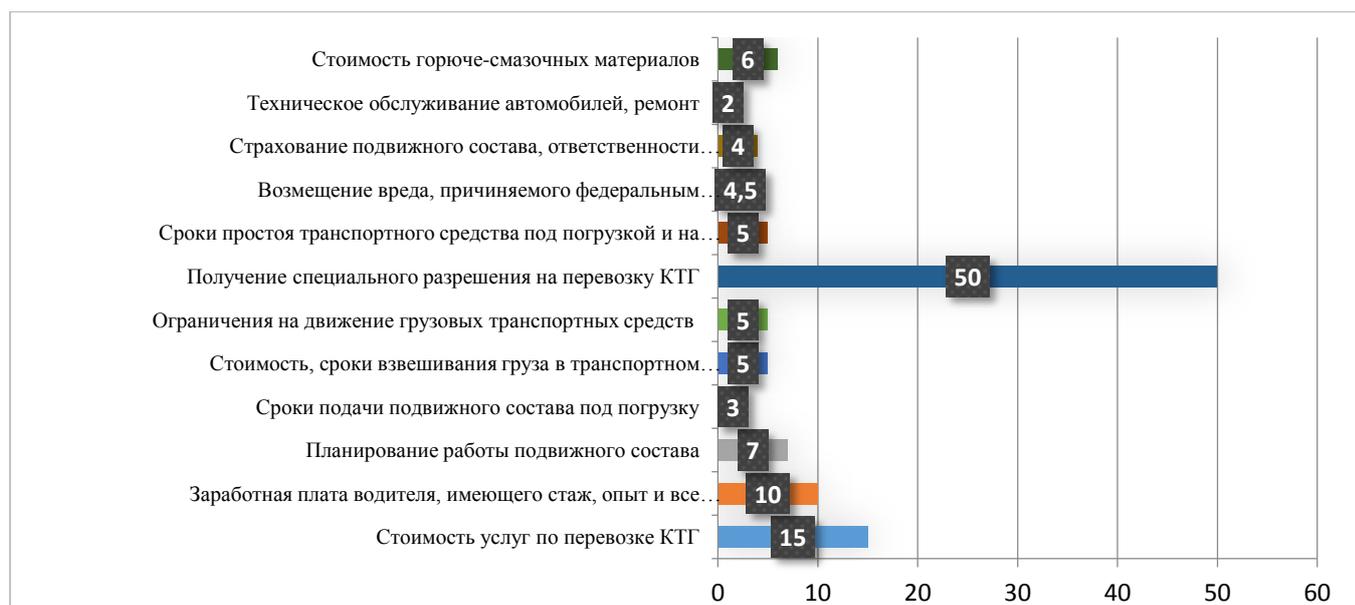


Рисунок 1.8. Влияние факторов на себестоимость перевозки.

Из представленной диаграммы видно, что фактор получения специального разрешения и, в частности, возмещение вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами, оказывает наибольшее влияние на стоимость автомобильной перевозки КТГ.

Вывод. На перевозку КТГ автомобильным транспортом влияет комплекс технико-эксплуатационных факторов, значимость которых отличается. Факторами, оказывающими наибольшее влияние на перевозку КТГ являются: время простоя автомобильного транспорта и переменные расходы на транспортировку КТГ.

Для решения задачи оптимизации эксплуатации автомобильного транспорта, осуществляющего перевозки КТГ, необходимо определить показатель, который будет соответствовать требованиям:

1. наибольшее влияние на эффективность перевозки КТГ;
2. возможность нахождения наилучшего значения без снижения работы автомобильного транспорта.

Поверхностный анализ показал, что значимость фактора «получение специального разрешения на перевозку КТГ» превышает 40 % от общих расходов

ресурсов на перевозку.

1.4. Обзор и анализ применяемых методов совершенствования перевозочного процесса крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов.

1.4.1. Сравнительный анализ применяемых методик расчета возмещения вреда дорогам регионального значения при перевозке тяжеловесных грузов

В соответствии с Федеральным законом от 08.11.2007 № 257-ФЗ [50] размер вреда, причиняемого тяжеловесным транспортным средством, определяется владельцем автомобильных дорог.

Для анализа в данной работе рассмотрены Постановления администраций областей и республик Северо-Западного Федерального округа, связанные с методикой расчета размера возмещения вреда дорогам регионального значения. [41]

1. Методика Вологодской области

Методика расчета возмещения вреда установлена Правительством Вологодской области постановлением от 19 апреля 2010 года № 448 «Об определении размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения» (в редакции постановлений Правительства Вологодской области от 23.11.2012 № 1377, от 25.03.2013 № 304, от 29.06.2015 № 545) [20].

В данной области расчет размера вреда происходит по Методике, утвержденной постановлением Правительства РФ № 12 от 09.01.2014 г [17].

2. Методика Архангельской области

Методика установлена Правительством Архангельской области постановлением от 26 мая 2015 года № 161 пп «О внесении изменений в постановление Правительства Архангельской области от 22 декабря 2014 года № 555-пп».

В данной области для расчета размера вреда используется методика, установленная постановлением Правительства РФ № 12 от 09.01.2014 г.

Размер вреда, причиняемого дорогам регионального значения от перевозки тяжеловесных грузов в Архангельской области идентичен с размерами вреда Вологодской области.

3. Методика Республики Коми

Методика установлена Правительством Республики Коми постановлением от 14 января 2016 г. № 5 «Об определении размера вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами при движении по автомобильным дорогам регионального или межмуниципального значения Республики Коми» (в ред. постановлений Правительства РК от 10.02.2010 № 26, от 23.08.2010 № 268, от 31.01.2011 № 4).

В Республики Коми расчет размера вреда дорогам регионального значения происходит по формулам, описанных в постановлении.

Размер вреда данной республики сильно отличаются от остальных рассматриваемых областей и республик СЗФО.

4. Методика Ленинградской области

Методика утверждена постановлением Правительства Ленинградской от 15 февраля 2016 года № 26 «Об определении размера вреда, причиняемого тяжеловесным транспортным средством, в случае движения указанного транспортного средства по автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения».

В данном законодательном акте расчет размера вреда происходит по формулам, указанных в постановлении Правительства РФ № 12 от 09.01.2014 г.

5. Методика Республики Карелия

Методика расчета вреда утверждена Республикой Карелия постановлением 10 июня 2013 года № 97 «Об утверждении Порядка определения размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, при движении по автомобильным дорогам общего пользования местного значения Республики Карелия».

В данной области расчет вреда определяется по методике, изложенной в Постановлении Правительства РФ от 16.11.2009 № 934 [17].

6. Методика Новгородской области

Методика утверждена постановлением Новгородская область от 02.11.2015г № 220 «Об определении размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, при движении по автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения Новгородской области».

Размер платы в счет возмещения вреда рассчитывается по методике, изложенной в постановлении Правительства РФ от 16.11.2009 № 934 [17].

7. Методика г. Санкт-Петербурга

Методика утверждена Правительством Санкт-Петербурга постановлением об определении размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов при движении по автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения Санкт-Петербурга 2015 г [21].

В данном городе расчет размера вреда происходит по методике, утвержденной установленная постановлением Правительства РФ № 12 от 09.01.2014 г.

8. Методика Калининградской области

Методика утверждена Постановлением Правительства Калининградской области от 19 июня 2015 г. № 346 "Об определении размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, при движении по автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения, относящимся к собственности

Калининградской области и признании утратившим силу постановления Правительства Калининградской области от 28 июля 2011 года N 579" [23].

В данной области расчет размера вреда происходит по методике, утвержденной постановлением Правительства РФ № 12 от 09.01.2014 г.

9. Методика Мурманской области

Методика утверждена Постановлением Мурманской области от 20.10.2015г № 469-ПП «О показателях размера вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами, при движении таких транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования регионального и (или) межмуниципального значения Мурманской области» [25].

Размер платы в счет возмещения вреда рассчитывается по методике, изложенной в постановлении Правительства РФ от 16.11.2009 № 934 [17].

Проанализировав данные методик областей и республик СЗФО, было выявлено, что в основном методики расчета размера вреда делятся на действующую федеральную методику и предыдущую федеральную методику. Данная ситуация отображена в таблице 1.6. [32]

Таблица 1.6 – Методики расчета размера вреда.

Методики расчета размера вреда	Федеральная методика	Старая Федеральная методика
Области, Республики и города, которые используют данную методику	Вологодская область, Архангельская область, Калининградская область, Санкт-Петербург	Новгородская область Республика Карелия Мурманская область

В итоге исследования стало понятно, что для составления методики оценки размера вреда необходимо выяснить какая из методик наиболее оптимальная.

Для наглядности построили таблицу 1.7, которая описывает методики расчета размера вреда.

Таблица 1.7 – Действующая [17] и предыдущая методики расчета размера вреда

Методики	Действующая Федеральная методика	Предыдущая Федеральная методика
<p>Формула для расчета размера вреда</p>	<p>Размер вреда при превышении значений допустимых осевых нагрузок на одну ось</p> <p>- для дорог с одеждой капитального и облегченного типа:</p> $P_{\text{Пом}i} = K_{\text{ДКЗ}} \times K_{\text{кап.рем.}} \times K_{\text{сез.}} \times P_{\text{исх.}} \times \left(1 + 0,2 \times \text{П}_{\text{ось}}^{1,92} \times \left(\frac{a}{H} - b\right)\right)$ <p>- для дорог с одеждой переходного типа</p> $P_{\text{Пом}i} = K_{\text{ДКЗ}} \times K_{\text{кап.рем.}} \times K_{\text{сез.}} \times P_{\text{исх.}} \times \left(1 + 1,14 \times \text{П}_{\text{ось}}^{1,24} \times \left(\frac{a}{H} + b\right)\right)$ <p>Размер вреда при превышении значений допустимой массы на каждые 100 километров:</p> $P_{\text{ПМ}} = K_{\text{кап.рем.}} \times K_{\text{ПМ}} \times (c + d \times \text{П}_{\text{ПМ}})$	<p>Размер платы в счет возмещения вреда</p> $P_p = [P_{\text{ПМ}} + (P_{\text{Пом}1} + P_{\text{Пом}2} + \dots + P_{\text{Пом}i})] \times S \times T_{\text{ТТ}}$ $T_{\text{ТТ}} = T_{\text{ПГ}} \times I_{\text{ТТ}}$
<p>Факторы, влияющие на размер вреда</p>	<p>$K_{\text{ДКЗ}}$ - коэффициент, учитывающий условия дорожно-климатических зон;</p> <p>$K_{\text{кап.рем.}}$ - коэффициент, учитывающий относительную стоимость выполнения работ по капитальному ремонту</p> <p>$K_{\text{сез.}}$ - коэффициент, учитывающий природно-климатические условия. Принимается равным единице при неблагоприятных природно-климатических условиях, в остальное время принимается равным 0,35;</p> <p>$P_{\text{исх.}}$ - исходное значение размера вреда, причиняемого транспортными средствами, при превышении допустимых осевых нагрузок для автомобильной дороги на 5 процентов;</p> <p>$\text{П}_{\text{ось}}$ - величина превышения фактической осевой нагрузки над допустимой для автомобильной дороги, тонн/ось;</p> <p>H - нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги, тонн/ось;</p> <p>a, b - постоянные коэффициенты.</p> <p>$K_{\text{ПМ}}$ - коэффициент влияния массы транспортного средства в зависимости от расположения автомобильной дороги на территории Российской Федерации;</p>	<p>$P_{\text{ПМ}}$ - размер вреда при превышении значения предельно допустимой массы транспортного средства (рублей на 100 километров);</p> <p>$P_{\text{Пом}1} + P_{\text{Пом}2} + \dots + P_{\text{Пом}i}$ - размер вреда при превышении значений предельно допустимых осевых нагрузок (рублей на 100 километров);</p> <p>i - количество осей транспортного средства, по которым имеется превышение предельно допустимых осевых нагрузок;</p> <p>S - протяженность участка автомобильной дороги (сотни километров);</p> <p>$T_{\text{ПГ}}$ - базовый компенсационный индекс предыдущего года, принимается равным 1);</p> <p>$I_{\text{ТТ}}$ - индекс-дефлятор инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования в части капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог на очередной финансовый год.</p> <p>$T_{\text{ТТ}}$ - базовый компенсационный индекс текущего года</p>

	с, d - постоянные коэффициенты; $P_{\text{ПМ}}$ - величина превышения фактической массы транспортного средства над допустимой, процентов.	
--	--	--

Из таблицы 1.7 видно, что действующая методика намного сложнее, чем предыдущая. Она содержит коэффициенты, которые не известно откуда берутся. Правительство не может объяснить природу коэффициентов a , b , c , d . Так же недочетом методик является то, что в ней нет таблицы с размером возмещения вреда при превышении расчетной осевой нагрузки 6 тонн/ось.

Таким образом, в данном пункте работы было определено, что области СЗФО рассчитывают тариф по возмещению вреда дорогам регионального значения, с помощью двух методик: действующей и предыдущей.

Однако так же стало ясно, что области используют разные табличные значения размера вреда при превышении предельной допустимой нагрузки на оси и при превышении допустимой общей массы. Что значительно усложняет логистический процесс перевозки ТГ на дорогах регионального значения.

Расчет размера вреда осуществляется по двум методикам: Федеральная действующая методика и предыдущая Федеральная методика. Однако размер вреда, указанный в постановлениях областей СЗФО разнится. То есть, алгоритм расчета тарифа совпадает с методикой или, а изначальные табличные значения размера вреда другие.

Поэтому следующим шагом оценки методик является анализ размера возмещения вреда при превышении нормативной осевой нагрузки и допустимой общей массы.

Первым этапом анализа - сравнение размера вреда при нарушении расчетной нагрузки на ось.

Исследовав постановления областей СЗФО, получили следующие зависимости, которые представлены на рисунке 1.9.

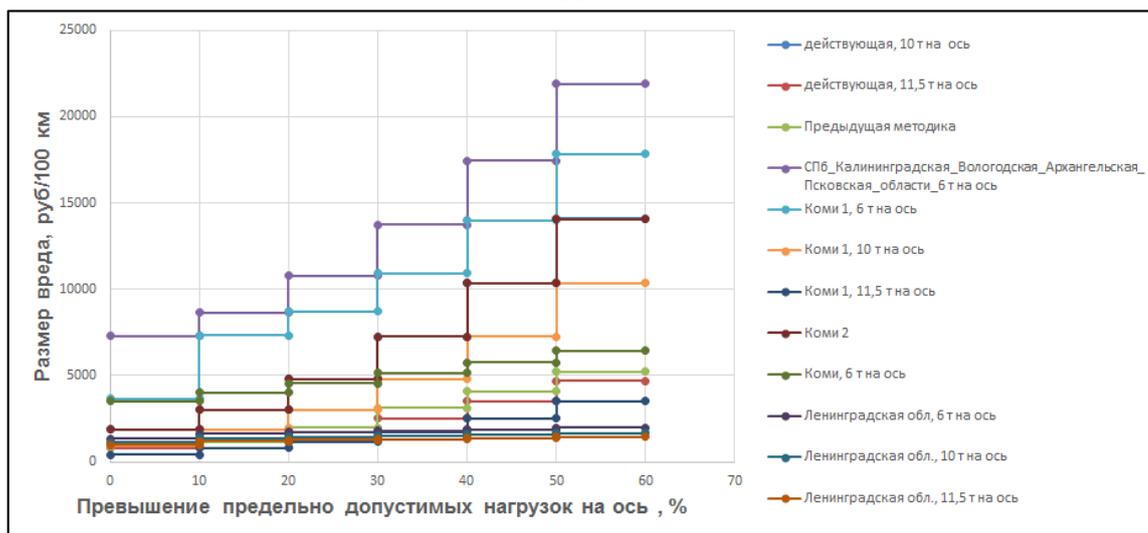


Рисунок 1.9 – Зависимости превышения предельно допустимых нагрузок на ось (в %) от размера вреда (руб./100 км) для областей СЗФО

Коми 1 - Размер вреда при превышении значений допустимых осевых нагрузок на каждую ось тяжеловесного транспортного средства при движении по автомобильным дорогам регионального или межмуниципального значения Республики Коми (за исключением автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения Республики Коми "Сыктывкар - Ухта - Печора - Усинск - Нарьян-Мар" на участках "Усть-Уса - Харьягинский" и "Усть-Уса - Усинск (от поворота на Харьягинский - Усинск, исключая городскую черту г. Усинска)");

Коми 2 - Размер вреда при превышении значений допустимых осевых нагрузок на каждую ось тяжеловесного транспортного средства при движении по автомобильным дорогам регионального или межмуниципального значения Республики Коми "Сыктывкар - Ухта - Печора - Усинск - Нарьян-Мар" на участках "Усть-Уса - Харьягинский" и "Усть-Уса - Усинск (от поворота на Харьягинский - Усинск, исключая городскую черту г. Усинска)";

Коми 6 т на ось – Размер вреда при превышении значений допустимых осевых нагрузок на каждую ось тяжеловесного транспортного средства при движении по автомобильным дорогам регионального или межмуниципального значения Республики Коми с грунтовым и переходным типом покрытия, с нормативной (расчетной) осевой нагрузкой 6 тонн/ось.

Из данного графика понятно, что методики областей СЗФО отличаются значениями размера вреда при превышении нормативной осевой нагрузки.

Рисунок показывает, что наибольший тариф платят тяжеловесы при превышении нормативной осевой нагрузки 6 тонн/ось. Размер вреда при данном превышении будет максимальным, если маршрут пролегает в Калининградской, Псковской, Архангельской, Вологодской и г. Санкт-Петербург.

Минимальный размер тарифа установлен постановлением Ленинградской области при превышении расчетной осевой нагрузки 11,5 тонн/ось.

Главная задача данной работы – оценка методик возмещения вреда региональным дорогам. Поэтому для сравнения тарифа и сопоставления его с конкретными числами, были посчитаны средние значения размера вреда при нарушении нагрузок на ось. Данные значения представлены на рисунке 1.10.

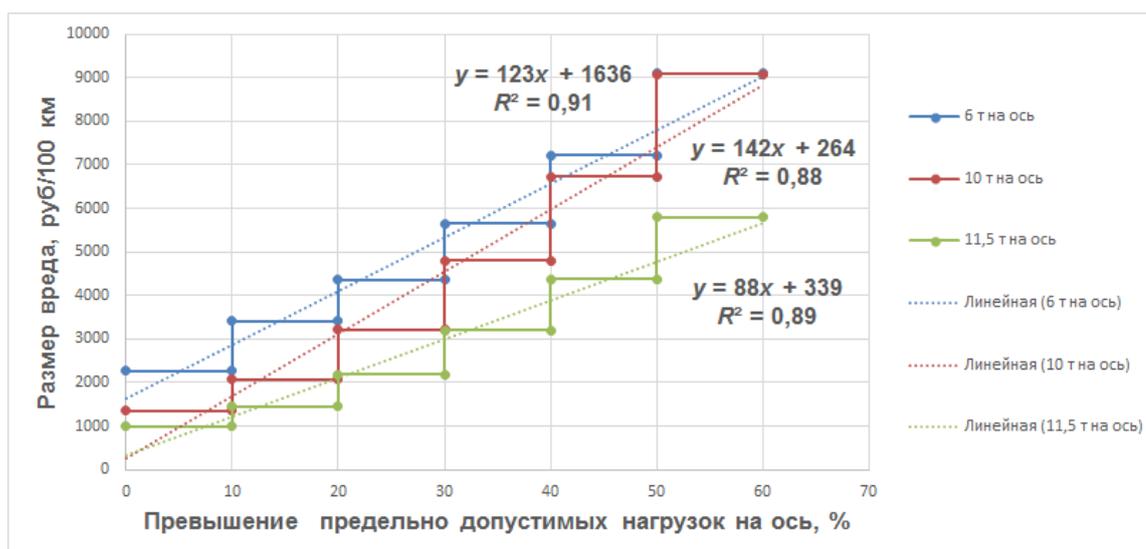


Рисунок 1.10 – Среднее значение размера вреда при превышении предельно допустимых нагрузок на ось для областей СЗФО

Для подробного исследования значений тарифов при нарушении нагрузки на оси ТС, построены графики, которые показывают зависимости размера вреда от превышения допустимых осевых нагрузок 6 тонн/ось, 10 тонн/ось, 11,5 тонн/ось.

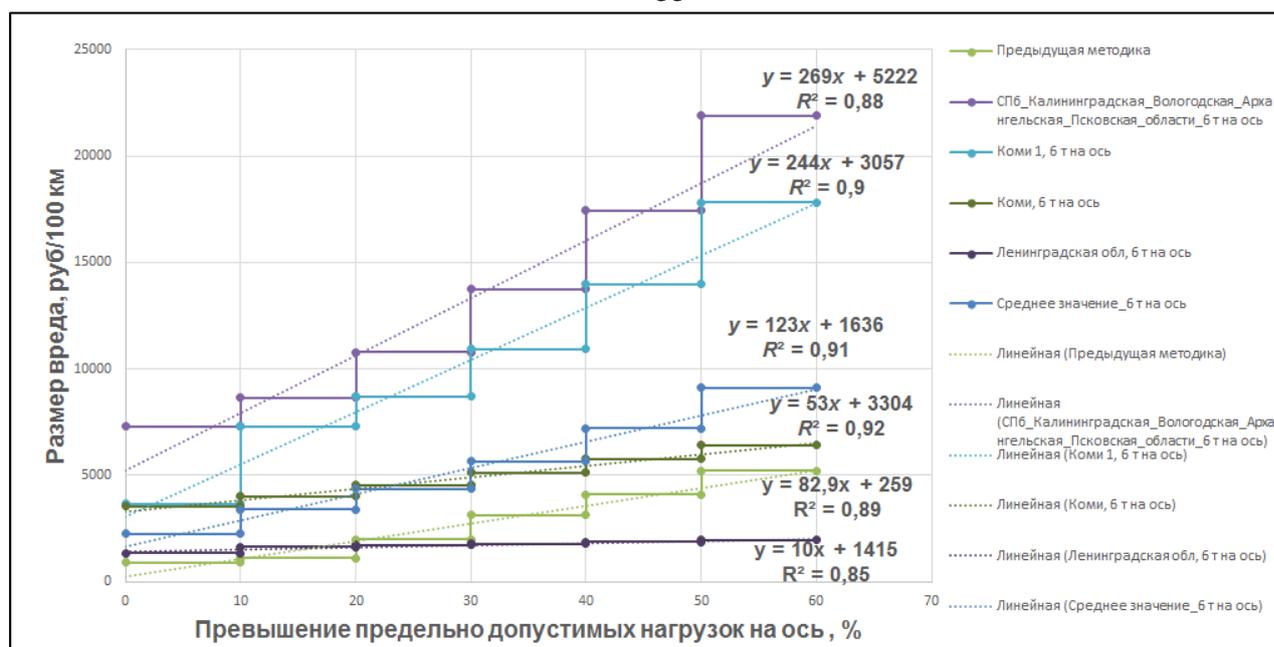


Рисунок 1.11 – Зависимости размера вреда при движении ТС по автомобильным дорогам регионального или межмуниципального значения СЗФО, рассчитанным под осевую нагрузку 6 тонн/ось, от превышения допустимых осевых нагрузок на каждую ось ТС

Допустим, что среднее значение – максимальное значение, которое может принимать размер вреда. Таким образом размер вреда при превышении нормативной осевой нагрузки 6 тонн/ось имеет линейную зависимость $y = 123x + 163$. По данной гипотезе значения размера вреда варьируются $1636 \leq y \leq 9016$. Тариф Калининградской, Вологодской, Архангельской, Псковской и г. Санкт-Петербург больше в 2 раза, по сравнению со средним. Размер вреда Коми1 так же находится выше линии среднего значения.

Нашей гипотезе удовлетворяют значения тарифов предыдущей методики, Ленинградской области и Республики Коми.

Далее рассмотрим размер возмещения вреда при превышении нормативной осевой нагрузки 10 тонн/ось. На рисунке 1.12 представлена зависимость размера вреда (руб.) от превышения предельно допустимых нагрузок на ось %.

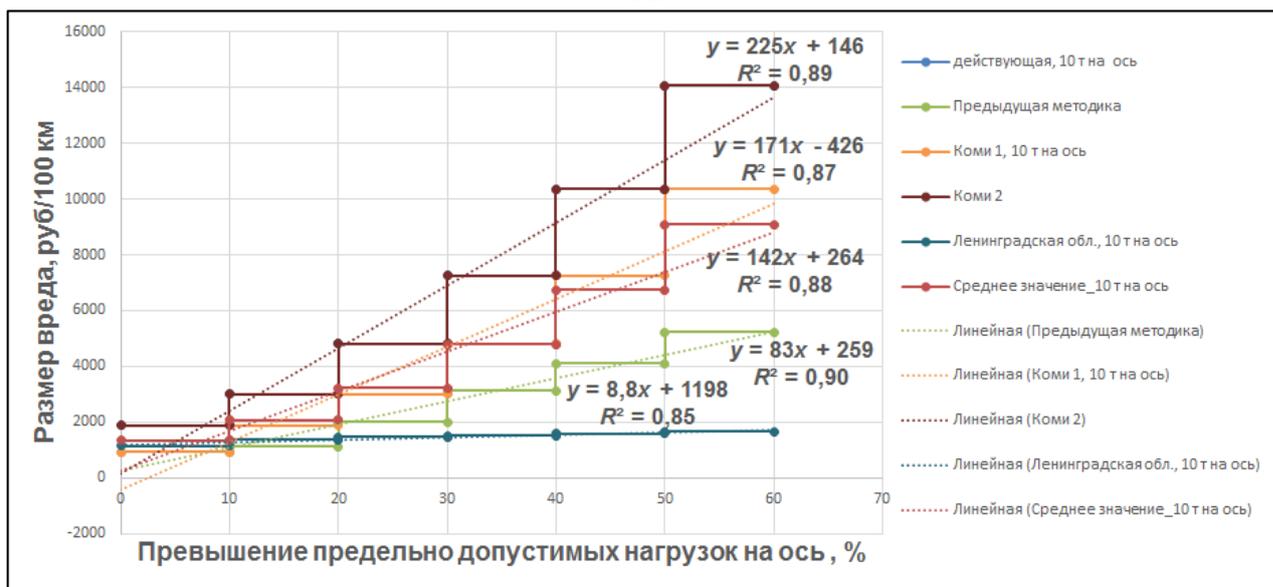


Рисунок 1.13 – Зависимости размера вреда при движении ТС по автомобильным дорогам регионального или межмуниципального значения СЗФО, рассчитанным под осевую нагрузку 10 тонн/ось, от превышения допустимых осевых нагрузок на каждую ось ТС

По данному графику можно так же определить, что наиболее оптимальными методиками по гипотезе средних значений, являются методика Ленинградской области, предыдущая Федеральная методика. Линия тренда перечисленных методик находится ниже линии регрессии среднего значения $y = 142x + 264$. Оптимальные значения тарифа должны удовлетворять условия следующего неравенства $264 \leq y \leq 8784$.

Методики республики Коми и Федеральная действующая методика заметно завышены. Тариф Федеральной методики варьируется от 146 – 13646 руб./100 км, то есть не удовлетворяет условию нашего неравенства. Размер вреда республики Коми находится в диапазоне 426 – 9834 руб./100 км. Данная методика не является оптимальной по нашей гипотезе.

Так же проанализируем тариф областей СЗФО за перевес нормативной осевой нагрузки 11,5 тонн/ось.

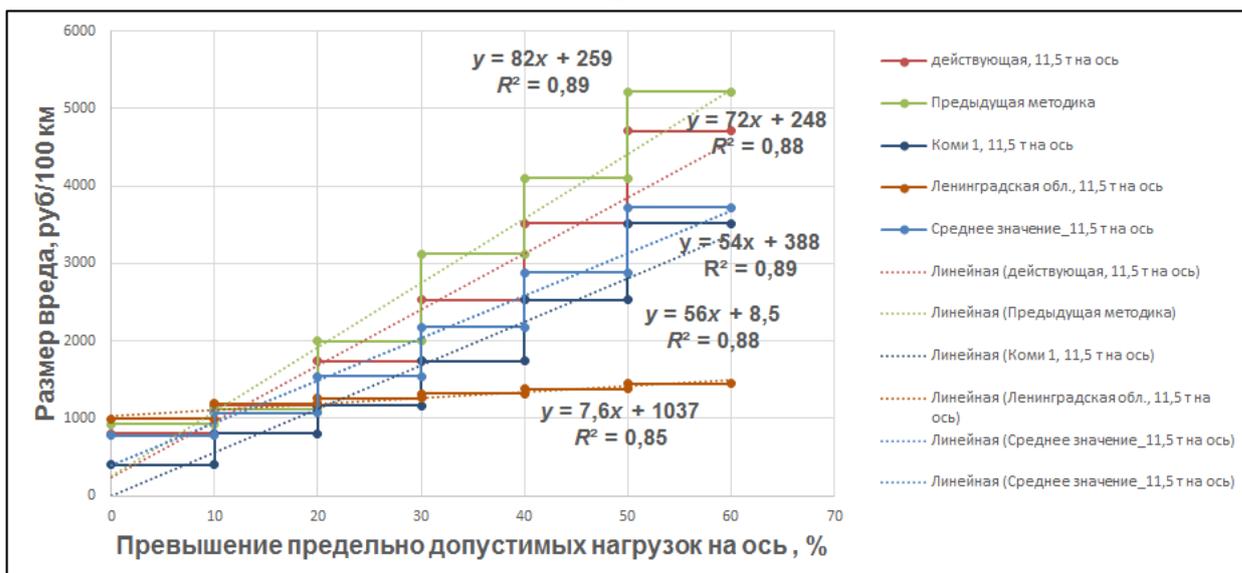


Рисунок 1.14 – Зависимости размера вреда при движении ТС по автомобильным дорогам регионального или межмуниципального значения СЗФО, рассчитанным под осевую нагрузку 11,5 тонн/ось, от превышения допустимых осевых нагрузок на каждую ось ТС

Линия тренда средних значений размера вреда представлена уравнением $y = 54x + 388$ с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,89$. Значения тарифа оптимальной методики должны находиться в промежутке $388 \leq y \leq 3628$. Данному критерию удовлетворяют следующие методики: Коми1, Ленинградская область. Перевозчик ТГ при превышении нормативной осевой нагрузки 11,5 тонн/ось заплатит самый высокий тариф, если его маршрут будет проходить через республику Карелия, Новгородскую область, Мурманскую область. Размер вреда перечисленных областей варьируется от 259 – 5179 руб./100 км. Тарифы предыдущей Федеральной методики выше оптимальной на 43 %. Действующая Федеральная методика так же не удовлетворяет критерию оптимальности.

Следующим шагом оценки размера вреда дорогам регионального значения является анализ тарифов. Оценим размер возмещения вреда за превышение допустимой массы областей Северо-Западного Федерального округа. Рассмотрим зависимости размера вреда (руб./100 км) от перевеса общей допустимой массы (%), представленные на рисунке 1.15.

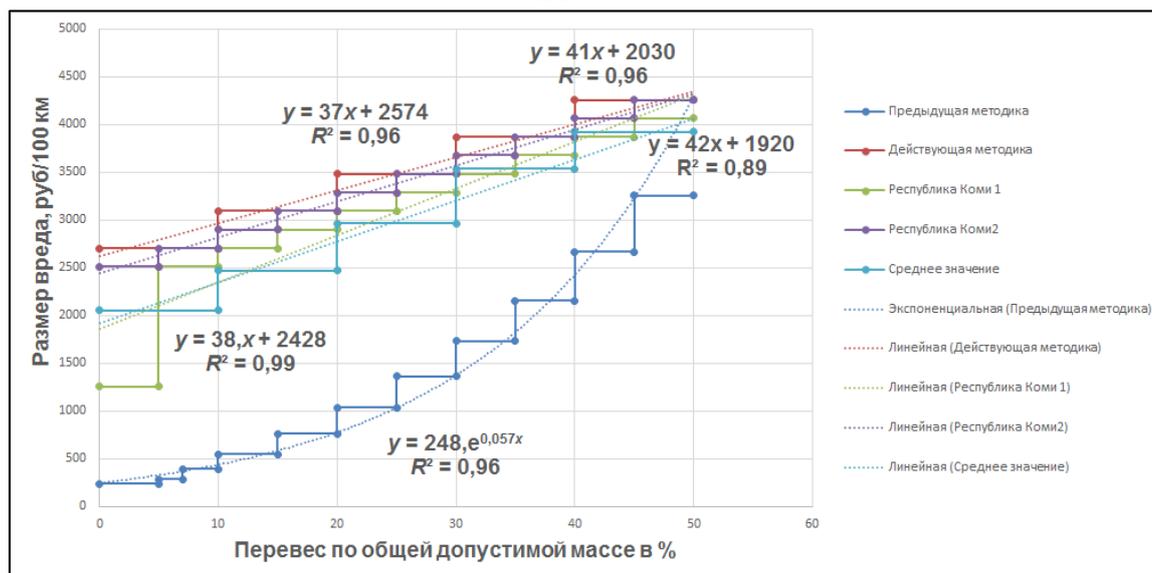


Рисунок 1.15 – Графики зависимости превышение допустимой массы (в %) от тарифа для областей СЗФО.

По графикам видно, что тарифы за возмещения вреда при превышении допустимой массы ТС различаются. Предыдущая методика имеет экспоненциальную зависимость размера вреда от перевеса по общей массе. Остальные методики, представленные на рисунке 1.15, имеют линейную зависимость. При превышении общей массы, так же была выдвинута гипотеза, что среднее значение тарифов всех методик является максимальным значением размера вреда. Линия тренда зависимости среднего значения тарифов от перевеса по массе представлена уравнением $y = 42x + 1920$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,89$. По данной гипотезе размер вреда является оптимальным, если тариф удовлетворяет условию следующего неравенства $1920 \leq y \leq 4440$.

Выполняет условия данного неравенства только предыдущая Федеральная методика. Значения размера вреда действующей Федеральной методики и методики Республики Карелия выше, чем тариф методики средних значений. Размер вреда действующей методики варьируется от 2574 – 4794 руб./100 км, Республики Карелия от 2030 – 4490 руб./100 км.

Для дальнейшего анализа размера вреда при превышении общей допустимой массы ТС используем экспоненциальный закон распределения.

Экспоненциальная модель распределения была выявлена при построении гистограммы, которая представляет соотношение выданных разрешений от превышения по общей допустимой массе в %. Данная гистограмма изображена на рисунке 1.16 [37].

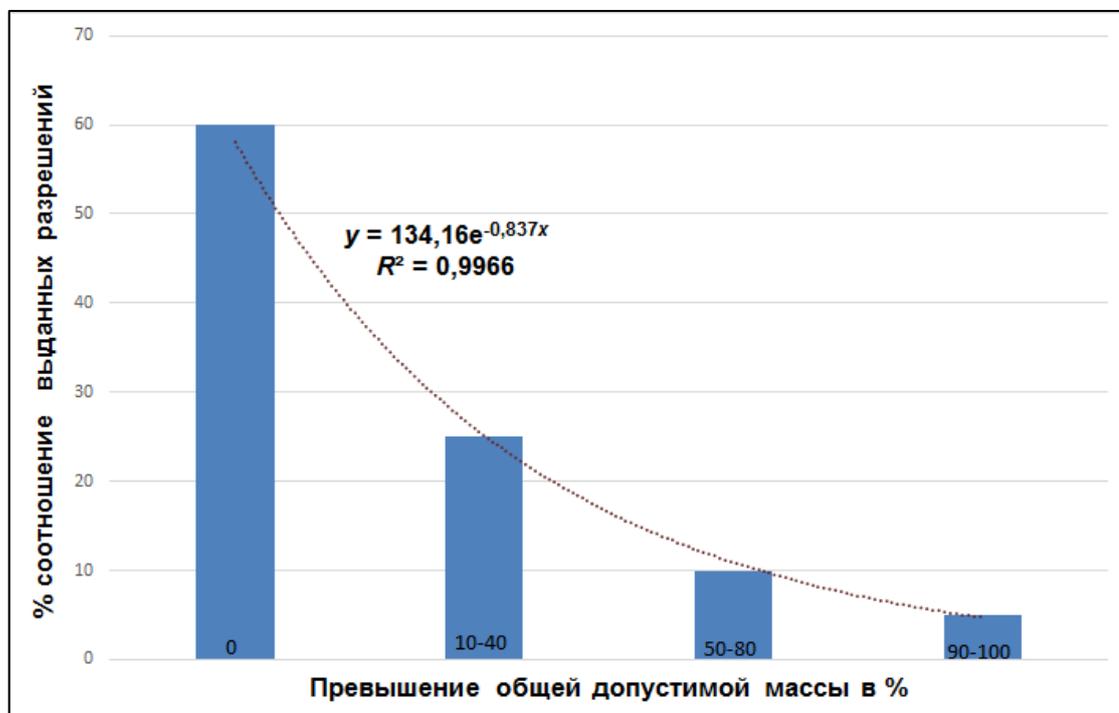


Рисунок 1.16 – Гистограмма, показывающая % соотношение выданных разрешений.

Уравнение линии тренда $y = 134e^{-0,8x}$, коэффициент детерминации $R^2 = 0,9966$

Как видно из рисунка 1.16, количество выданных разрешений имеет экспоненциальную зависимость. Наибольшее количество приходится на 0% перевеса, что составляет 60% от общего количества разрешений.

Для дальнейшего анализа используем экспоненциальную модель зависимости, а именно плотность распределения, которая выражается как

$$p(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases} \quad (1.18)$$

Где $\lambda > 0$ — положительная постоянная, называемая параметром экспоненциального распределения. В нашем случае она равна 0,5.

Используя функцию ЭКСП.РАСП. в *Microsoft Excel*, получили вероятности нарушения перевеса по общей массе для областей Северо-Западного округа. Для определения получения нового тарифа по методикам расчета областей, мы умножили вероятности нарушения на старый тариф. Полученный массив данных изображен на рисунке 1.17.

Предыдущая методика	Действующая методика	Республика Коми 1	Республика Коми 2	Среднее значение
220,2996003	0	1152,901242	2304,884568	0
14,78797033	0	189,1964466	203,8137746	0
9,266477387	2686,773853	16,73005341	17,92991676	2037,511558
3,401674446	20,70004809	1,471777193	1,570267974	16,54174551
0,385840175	0,157017404	0,128895444	0,13698006	0,133598572
0,043131841	0,001175865	0,011244008	0,011907634	0,001073977
0,004669325	8,71726E-06	0,000977438	0,001032193	8,03279E-06
0,000485771	6,40883E-08	8,47275E-05	8,9199E-05	0
4,96702E-05	4,67788E-10	7,3219E-06	7,68894E-06	0
5,05154E-06	0	6,31147E-07	6,61275E-07	0
5,05508E-07	0	5,42806E-08	5,67537E-08	0

Рисунок 1.17 – Массив данных «вероятность * на тариф» для областей СЗФО

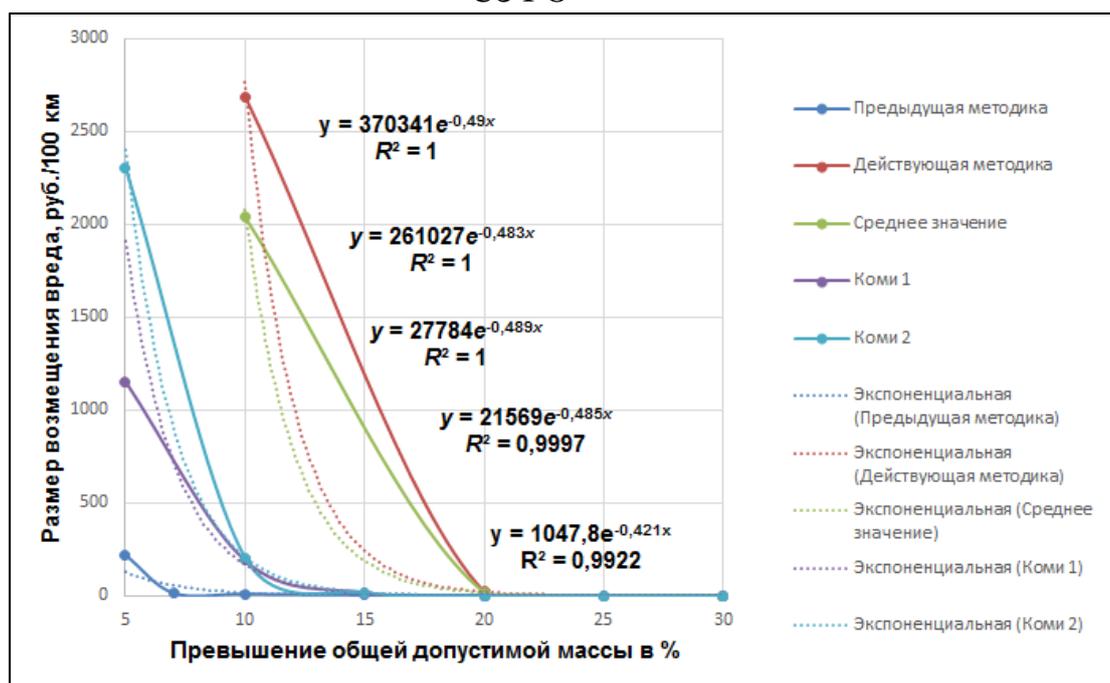


Рисунок 1.18 – Графики зависимости размера вреда от превышения допустимой массы (в %) для областей СЗФО

Результаты анализа размера вреда при превышении общей массы с помощью экспоненциального закона распределения, представленные на рисунке 1.22, показывают, что ниже линии тренда среднего значения находятся методики

Коми1 и Коми2, а также предыдущая методика. Действующая методика по данному исследованию не удовлетворяет условию гипотезе.

Затем для определения сколько в среднем платит одно транспортное средство за 100 км за перевес по методикам расчета областей Северо-Западного округа и Санкт-Петербурга, построили линию тренда и рассчитали площадь под каждой кривой, то есть взяли интегралы:

$$S(\text{Предыдущая методика}) = \int_{10}^{60} (1047,8e^{-0,421x}) dx = 128$$

$$S(\text{Коми 1}) = \int_{10}^{60} (21569e^{-0,485x}) dx = 168$$

$$S(\text{Коми 2}) = \int_{10}^{60} (27784e^{-0,489x}) dx = 209$$

$$S(\text{Среднее значение}) = \int_{10}^{60} (261027e^{-0,483x}) dx = 487$$

$$S(\text{Действующая методика}) = \int_{5}^{60} (370341e^{-0,49x}) dx = 2757$$

В итоге получили, что по методике, которая изложена в Постановлении Правительства РФ №12 от 09.01.2014 г. каждое тяжеловесное транспортное средство платит 2757 рублей за возмещение вреда дороге регионального значения.

Размер вреда Республики Коми 1 равен 168 рублей за 100 км, Республики Коми 2 равен 168 рублей. По предыдущей методике размер вреда за превышение общей допустимой массы составит самую меньшую плату, всего 128 руб. на 100 км.

Среднее значение тарифа за одно транспортное средство на 100 км равняется 487 рублей. Таким образом можно заметить, что по данной гипотезе оптимальными методиками являются методика Республики Коми 1, методика Республики Коми 2 и предыдущая Федеральная методика. Тариф действующей Федеральной методики выше среднего значения в 5,6 раза.

Для наглядности мы построили круговую диаграмму, которая отражает процентное соотношение тарифов между областями.

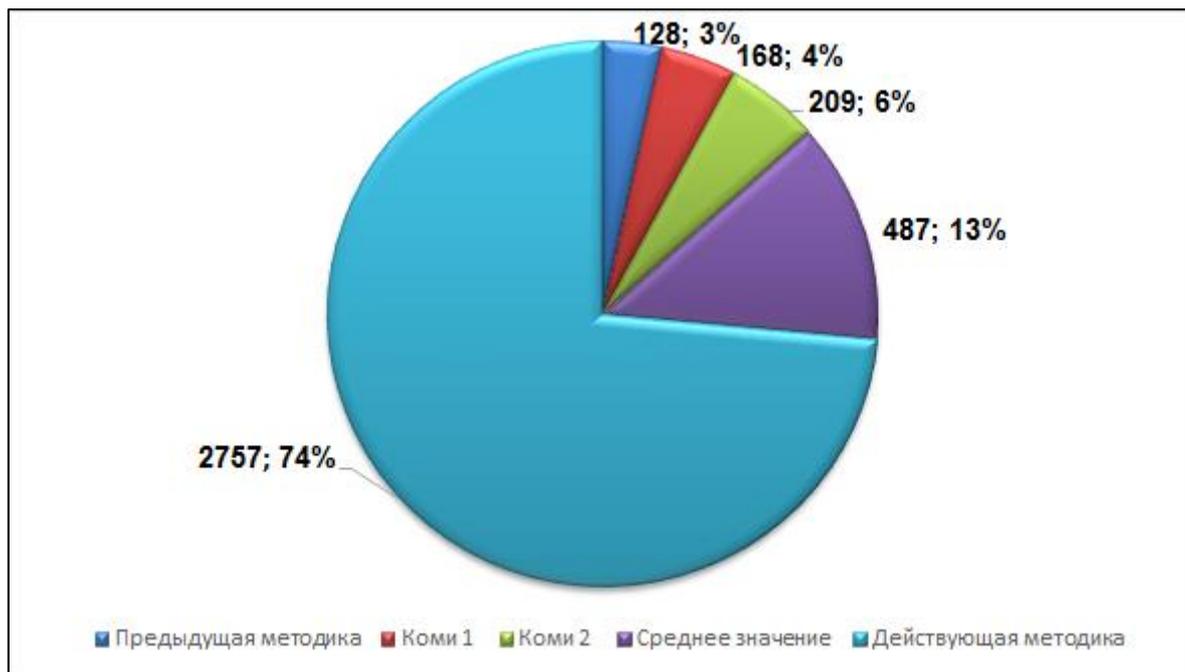


Рисунок 1.19 - Процентное соотношение между областями Северо-Западного округа

Из рисунка 1.19 можно увидеть, что Правительственная методика очень завышена по сравнению с методиками Республики Коми1, Республики Коми 2, предыдущей Федеральной методикой.

Результаты статистического анализа размера возмещения вреда дорогам регионального значения при превышении нормативной осевой нагрузки и при превышении допустимой общей массы ТС, представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8

Критерии, по которым делали оценку методик	Оптимальные методики, которые удовлетворяют условиям предложенной гипотезе.
1.Превышение допустимой осевой нагрузки 6 тонн/ось	Предыдущая Федеральная методика, методика Ленинградской области и методика Республики Коми.
2.Превышение допустимой осевой нагрузки 10 тонн/ось	Методика Ленинградской области, предыдущая Федеральная методика
3.Превышение допустимой осевой нагрузки 11,5 тонн/ось	Методика Коми1, методика Ленинградской области
4.Превышение допустимой общей массы	Предыдущая Федеральная методика
5.Тариф, который в среднем платит одно	Методика Коми 1, методика Коми 2 и

транспортное средство за 100 км за перевес по массе.	предыдущая Федеральная методика
--	---------------------------------

Для определения оптимальной методики подсчитаем баллы.

Итоговые значения представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Результат статистического анализа методик

Методики	Предыдущая методика	Действующая методика	Коми 1	Коми 2	Ленинградская область
Баллы	4	0	2	1	3

В результате исследования выяснилось, что предыдущая методика наиболее оптимальная. По данному анализу эта методика получила 4 балла из 5. Недочет предыдущей методики в том, что размер вреда при превышении нормативной осевой нагрузки 11,5 тонн/ось завышен.

В соответствии со сложившимся научным подходом показатели эффективности перевозки грузов определяются характеристиками используемых транспортных средств, от которых зависит производительность труда, себестоимость перевозок, размер прибыли и уровень рентабельности работы транспортного предприятия. Возможности комплекса по перевозке грузов могут быть оценены либо тонно-километрами, либо тоннами. Кроме того, для подобной оценки могут быть использованы и финансовые показатели, определяющие величину трудовых затрат.

Производительность работы единицы подвижного состава можно выразить через следующие зависимости:

$$Q = q \cdot \gamma_c \cdot Z_c = \frac{q \cdot \gamma_c}{t_0}, \quad (1.19)$$

$$Q = \frac{q \cdot \gamma_c \cdot \beta \cdot V_T \cdot T_H}{l_{\text{вз}} + t_{\text{вд}} \cdot \beta \cdot V_0}, \quad (1.20)$$

$$W = Q \cdot l_{\text{вз}}, \quad (1.21)$$

где Q - производительность единицы подвижного состава, т;

W - производительность единицы подвижного состава, т?км;

Z_e - число ездов с грузом;

$t_{\text{Ц}}$ - время, затрачиваемое на один транспортный цикл, ч;

q - номинальная грузоподъемность единицы подвижного состава;

g_c - коэффициент статического использования грузоподъемности;

v - коэффициент использования пробега с учетом нулевого пробега;

V_T - техническая скорость;

$L_{\text{ег}}$ - средняя длина ездки с грузом;

$t_{\text{ПР}}$ - время погрузки-разгрузки;

T_H - время пребывания автомобиля в наряде, ч.

Для автотранспортного предприятия производительность работы списочного числа автомобилей.

$$W_{\text{Д}} = \alpha_e \cdot \sum_1^{A_{\text{С}}} Q_i \cdot l_{\text{ДП}}, \quad (1.22)$$

где α_e - коэффициент использования подвижного состава;

$A_{\text{С}}$ - списочное число автомобилей.

Вывод. Сравнительный анализ применяемых методик показал отсутствие системного подхода и слаженности работы владельцев автомобильных дорог.

Региональные власти постепенно приводят свои тарифы в соответствие с федеральной методикой, при этом, со стороны местных властей часто нет понимания даже порядка перемещения КТГ грузов автомобильным транспортом. Например, в г. Усинске Республики Коми специальные разрешения могут выдаваться без взимания платы или без согласования с другими владельцами автомобильных дорог, а порядок расчета размера вреда был приведен в соответствие с федеральной методикой (от 2015 года) только в 2017 году.

Указанные расхождения в подходе владельцев автомобильных дорог затрудняют процесс планирования перевозки КТГ автомобильным транспортом.

1.4.2. Проблемы повышения эффективности перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом и исследования в данной области

Вопрос оптимизации перевозочного процесса наиболее часто связывают с таким технологическими процессами, как выбор подвижного состава и оптимизация маршрута движения.

В частности, в диссертации Имаметдинов Р. Х. на тему: «Организация международных перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов по территории Российской Федерации» [7] для достижения указанных целей:

- Проводит сравнительный анализ приспособленности различных видов транспорта для перевозки КТГ.
- Исследует механизмы функционирования и взаимодействия транспортных компаний при осуществлении перевозочной деятельности.
- Изучает перспективы развития отраслей экономики - основных потребителей услуг по перевозке КТГ и на этой основе осуществлено прогнозирование изменения структуры перевозимых КТГ в ближайшей перспективе.
- Разрабатывает методику выбора вида транспорта для перевозки КТГ, позволяющая определять наиболее эффективную схему перевозки таких грузов в зависимости от их веса, размеров и дальности перевозок.
- Вносит предложения по усовершенствованию методики определения срока окупаемости транспортных средств с учетом специфики перевозок КТГ.
- Дает конкретные рекомендации и предложены варианты решения проблем перевозок КТГ, стимулирующие развитие прогрессивных способов доставки этих грузов.

Также в диссертации Шилимова М. В. «Формирование структуры парка и выбор автомобильных транспортных средств для перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов» [52] решает следующие задачи:

- анализ параметров крупногабаритных тяжеловесных грузов и особенностей их перевозки;
- разработка методики классификации КТГ, включающая модификацию одного из вариантов кластерного анализа;
- анализ параметров автотранспортных средств, применяемых для транспортировки КТГ;
- разработка методики многофакторной оптимизации параметрического ряда автотранспортных средств для КТГ;
- разработка расчетно-графического метода определения параметров технологического оборудования;
- разработка модели выбора АТС на основе предложенного интегрального критерия приспособленности к грузу и конкретным условиям региона перевозки с помощью метода квалиметрии.

Таким образом, указанные работы, направлены на совершенствование перевозочного процесса на стадии планирования, параметром для оптимизации выбран подвижной состав.

На тему экономической эффективности автомобильных грузоперевозок есть ряд научных трудов. Данные работы, также, узконаправленны и оценивают эффективность, учитывая только экономические факторы.

Так, Перевозчикова Елена Геннадьевна в работе «Формирование тарифов на перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов» [12] решает следующие задачи:

- Выявить терминологические особенности, области использования и научно-практического оборота понятий «цена» и «тариф».
- Изучить современное состояние и тенденции развития рынка транспортных услуг как в целом, так и в сегменте перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов, а также группы факторов, влияющих на уровень и динамику транспортных тарифов.

- Исследовать проблемы и границы применения существующих методов формирования транспортных тарифов, разработать методические подходы к выбору метода формирования тарифа на перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов.
- Разработать алгоритм формирования тарифной политики по перевозке крупногабаритных и тяжеловесных грузов, ориентированный на рыночный спрос и конкуренцию.
- Построить систему показателей-индикаторов, позволяющую корректировать имеющуюся ценовую политику предприятия и служащую основой методики выбора новой ценовой политики для автотранспортных предприятий в сегментах крупногабаритных и тяжеловесных грузов.
- Разработать многофакторную модель тарифа на перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов.

Безусловно, все указанные работы раскрывают тему оптимизации перевозок КТГ и вносят свой вклад в усовершенствование перевозочного процесса, но, в настоящее время, узконаправленный подход не может привести к желаемой оптимизации. В частности, необходимо учитывать «правила», которым должны следовать участники перевозок КТГ. Указанные правила только за последние 3 года претерпели серьезнейшие изменения, расширившие понятие «вреда автомобильным дорогам» и привязавшие его к движению грузовых автомобилей.

Таким образом, актуальные изменения в правила перевозки и контроля КТГ привели к тому, что ключевым критерием, влияющим на эффективность перевозки, является получение специального разрешения и все процессы, связанные с ним. Смена ключевого критерия обусловлена малозначительностью кратчайшего расстояния и снижения времени простоя под погрузкой и выгрузкой, по сравнению с суммами возмещения вреда автомобильным дорогам, штрафами и временем на получение разрешающих документов.

Вследствие вышеуказанных изменений и ограничений решающим фактором при выборе маршрута движения стала не протяженность дороги, а наименьшая стоимость проезда по ней, либо отсутствие средств контроля и взимания платы.

Сложившиеся условия полностью меняют подход к планированию перевозки, формированию тарифов, выбору подвижного состава, контролю показателей эффективности и расстановке приоритетов.

В частности, для проезда, например, из Санкт-Петербурга в Москву крупногабаритное и (или) тяжеловесное транспортное средство должно получить 2 пропуска, дважды заплатить вред и получить 2 специальных разрешения (в случае, если само транспортное средство превышает установленные параметры), при этом, необходимо планировать движение по территориям субъектов исходя из временных промежутков, указанных в разрешающих документах.

Все действия, связанные с получением разрешения на проезд, занимают значительный промежуток времени, что влияет на себестоимость перевозки и, как следствие, на ее эффективность, поэтому необходимо знать установленные государством правила и планировать все мероприятия заранее. Согласно информации транспортных компаний получение специального разрешения может достигать нескольких месяцев в случаях, если маршрут движения проходит по автомобильным дорогам и инженерным сооружениям, владельцами которых являются разные субъекты и государственные компании. Здесь нужно учитывать, что для перевозки КТГ требуется специальная техника, которая часто не пригодна для перевозки других видов грузов, поэтому неправильный подход к планированию может обанкротить предприятие в короткие сроки, буквально, за одну поездку.

Вывод. Анализ взаимодействия подсистем транспортной системы имеет большое значение при определении эффективности эксплуатации транспорта. При этом, в основе методов оптимизации работы автомобильного транспорта лежит выбор оптимального из множества вариантов использования ресурсов грузового автомобиля.

До настоящего времени критерии, на основе которых осуществлялось увеличение показателя «эффективность перевозки грузов автомобильным транспортом» были: тип автопоезда, пробег, время простоя под погрузочно-разгрузочными операциями, а также прочие эксплуатационные расходы.

В изменяющихся условиях очевидной стала необходимость разработки новых методов оптимизации перевозочного процесса, основанных на новых критериях.

1.5. Выводы по главе

В вопросе оптимизации перевозки КТГ автомобильным транспортом необходим комплексный подход, затрагивающий нормативное правовое регулирование, планирование, технологические процессы и экономическую составляющую. При этом установлено, что основным фактор, оказывающий наибольшее влияние на эффективность перевозки КТГ оказывает типаж и состояние автомобильных дорог.

Обобщение результатов исследований позволяет сформулировать основные проблемные вопросы, оказывающие наибольшее влияние на эффективность перевозочного процесса КТГ автомобильным транспортом:

1. Отсутствие системного подхода к выбору маршрута движения тяжеловесных транспортных средств (не учитываются: состояние автомобильных дорог, тарифы на проезд, прочие ограничения на маршруте движения).
2. Несовершенство существующей федеральной методики возмещения вреда, причиняемого при движении тяжеловесных транспортных средств.
3. Несовершенство нормативной правовой базы, затрагивающей вопросы перевозок КТГ.
4. Не в полной мере осуществляют свою деятельность системы контроля и автоматизации государственных услуг, обеспечивающих движение тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств.
5. При планировании перевозочного процесса не учитывается несущая способность дорожных конструкций, как на федеральном уровне, так и на региональном уровне, но при этом установлено, что наибольшее влияние на

эффективность перевозки КТГ автомобильным транспортом на сегодняшний день, напрямую зависит от типа и состояния автомобильных дорог.

6. При планировании перевозок КТГ автомобильным транспортом не учитывается величина вреда автомобильным дорогам, которая действительно пропорциональна разрушающему воздействию тяжеловесного транспортного средства (оценивается соответствующим коэффициентом приведения транспортного средства к расчетной нагрузке).

7. На настоящий момент не существует комплексной методики оптимизации планирования перевозок КТГ автомобильным транспортом с учетом воздействия на автомобильные дороги, которая будет способствовать в налаживании системной работы, как со стороны перевозчиков КТГ, так и со стороны государственных структур.

Поставленная в настоящем диссертационном исследовании цель достигается решением следующих основных научно-технических задач:

1. Выполнить теоретический анализ доминирования факторов на эффективность перевозок КТГ автомобильным транспортом и оценить влияние осевых и массовых параметров АТС на состояние дорожного покрытия автомобильной дороги, а также влияние размера вреда на себестоимость перевозок КТГ.

2. Разработать теоретические основы оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов с целью снижения неблагоприятного воздействия автотранспортных средств на автомобильные дороги.

3. Выполнить научно-теоретическое обоснование комплексной оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом с учетом воздействия на автомобильные дороги на основе разработки основных теоретических положений.

4. Экспериментально обосновать теоретические положения методики комплексной оптимизации планирования перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом с учетом воздействия на автомобильные дороги на основании использования стендового оборудования (путем разработки

методик исследования, подбора необходимых технических устройств, анализа экспериментального материала с выявлением перспективных направлений результатов исследования).

5. Реализовать на практике научно-технические решения посредством автоматизации системы весового контроля АТС и разработки необходимого оборудования. Выполнить расчет экономического эффекта от их внедрения в эксплуатацию.

2. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПЛАНИРОВАНИЯ ПЕРЕВОЗОК ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

2.1. Научно-теоретическое обоснование необходимости многокритериальной оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом

2.1.1. Системный подход в планировании крупногабаритных и (или) тяжеловесных перевозок автомобильным транспортом на основе снижения неблагоприятного воздействия транспортных средств на автомобильные дороги

Объективная необходимость научного обоснования создания методики инновационных технических и технологических решений, обеспечение снижения неблагоприятного воздействия автотранспортных средств на автомобильные дороги, изменений его количественных, качественных и структурных параметров в крупных городах, сформированы в задачах Федеральных целевых программ [24], Перечне поручений Президента Российской Федерации [13] и «Дорожных картах» Правительства Российской Федерации [14].

Основные задачи программ: повышение сбалансированности, эффективности крупногабаритных и тяжеловесных перевозок автомобильным транспортом функционирование автомобильного транспорта, как части транспортной системы, обеспечивающей национальные интересы страны.

Выполнение программных мероприятий призвано снизить на 20 - 25 % неблагоприятное воздействие автотранспортных средств на автомобильные дороги и придорожные системы.

В процессе исследования процесса перевозок ТГ автомобильным транспортом выявлены три уровня перевозочного процесса: федеральный,

региональный и локальный. Рассмотрены все стадии организации перевозочного процесса. На каждом уровне определены три основных типа автомобильных дорог, в зависимости от разрешенной осевой нагрузки транспортных средств, от которых зависит размер вреда, штраф за который взимается в рамках оформления разрешения на перевозку тяжеловесного груза, и причины, влияющие на состояние автомобильных дорог (рис.2.1).

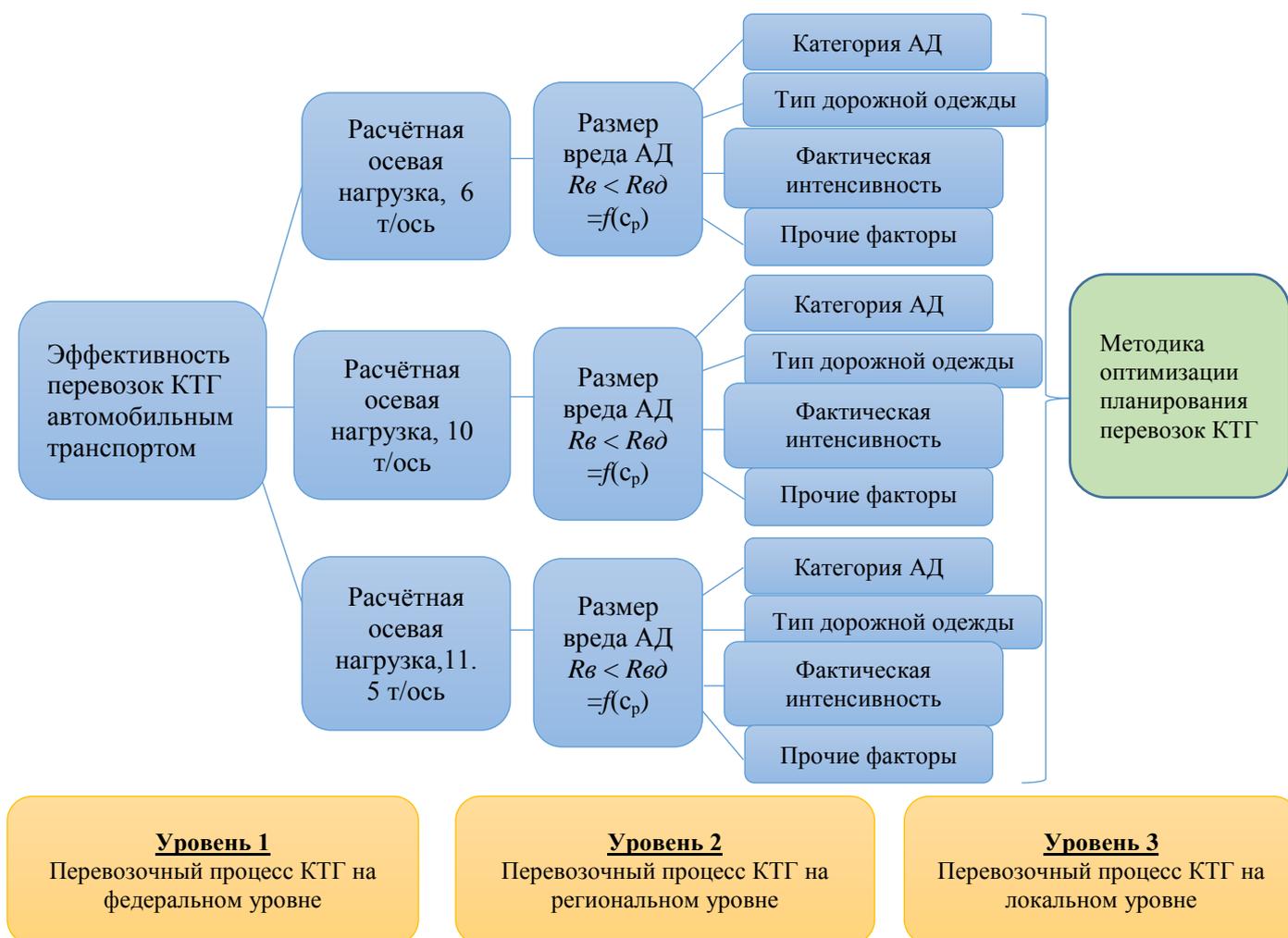


Рисунок 2.1 – Иерархические уровни перевозочного процесса КТГ автомобильным транспортом

На каждом уровне перевозочный процесс оптимизируется по следующим критериям:

объем транспортной работы в n -й период не должен противоречить сохраняющейся тенденции увеличения перевозок автомобильным транспортом в последующем $n + 1$ периоде $P_{тр(n+1)} > P_{тр(n)}$ ($P_{тр(n)}$ не равно 0);

размер вреда автомобильным дорогам от автотранспортных потоков $R_{в} < R_{вд} = f(c_p)$ не должен быть больше размера, которые могут создавать АТС осуществляющих КТГ перевозки, превышающие допустимых по осям и общей массе.

Для уровней установлены также общие ограничения: $A_{2i} \in A_{3i}$ и $L_{1k} \in L_{2k}$.

Оптимизационные модели имеют следующий вид:

Уровень 3:

$$\begin{aligned} P_3 &= \sum f(A_{31}, A_{32}, \dots, A_{3n}; W_{31}, W_{32}, \dots, W_{3n}); \\ R_3 &= \sum f(A_{31}, A_{32}, \dots, A_{3n}; r_{31}, r_{32}, \dots, r_{3n}), \end{aligned} \quad (2.1)$$

где A_{3i} - парк *i-x* АТС; W_{3i} и r_{3i} - соответственно, объем транспортной работы и размера вреда одной единицы *i-x* АТС за календарный период.

Уровень 2:

$$\begin{aligned} P_2 &= L_{2k} \sum f(q_{21}, q_{22}, \dots, q_{2n}; A_{21}, A_{22}, \dots, A_{2n}); \\ R_2 &= L_{2k} \sum f(g_{21}, g_{22}, \dots, g_{2n}; N_{21}, N_{22}, \dots, N_{2n}), \end{aligned} \quad (2.2)$$

где q_{2i} и g_{2i} - соответственно, транспортная работа и размер пробегового вреда *i-x* АТС КТГ на 1 км *k*-го участка длиной L_k , A_{2i} и N_{2i} - число и интенсивность *i-x* АТС;

Уровень 1:

$$\begin{aligned} P_1 &= \sum f(\omega_{11}, \omega_{12}, \dots, \omega_{1n}; t_{p11}, t_{p12}, \dots, t_{p1n}), \\ R_1 &= \sum f[L_{2k} g_{1L} + g_{1t}(t_{p11}, t_{p12}, \dots, t_{p1n})], \end{aligned}$$

где g_{1L} и g_{1t} - размер вреда пробегов *i-x* АТС КТГ под управлением *j-x* водителей; ω_{11} и t_{p11} - часовая производительность и время работы *i-x* АТС под управлением *j-x* водителей.

Рассмотрим методику повышения эффективности автомобильного транспорта управлением перевозочным процессом на каждом уровне по критериям снижения неблагоприятного воздействия автотранспортных средств на автомобильные дороги.

На уровнях 1, 2 оптимизируется численность и состав регионального автопарка. Структура автопарка региона должна соответствовать условиям ($C < C_d$). Моделирование проводится для автопарков перевозчиков, имеющих

разрешение на перевозку по федеральным, региональным автомобильным дорогам и перевозочные лицензии, с изменяющимися соотношением численности автомобилей различных категорий, соответствующих нормам.

На уровне 3 оптимизируется режим движения индивидуального экипажа (водитель и автомобиль). Перемещаясь на конкретном участке автомагистрали, автомобиль под управлением водителя, выполняя цели перевозки КТГ, совершает движение по определенному маршруту с определенными навыками вождения. Подбор профессиональных водителей по этим критериям позволяет выполнять оптимальную транспортную работу с минимумом режимов движения, не обусловленных перевозочным процессом.

Вывод. Системный подход в планировании крупногабаритных и (или) тяжеловесных перевозок автомобильным транспортом заключается в подробном описании перевозочного процесса на всех уровнях (стадиях) его реализации, для выявления «слабых мест». Данный подход позволит на стадии планирования эффективно организовать перевозочный процесс. Учитывая значимость обеспечения сохранности автомобильных дорог и контроль в этой области со стороны государственных органов, необходимо учитывать негативное влияние от движения тяжеловесных транспортных средств при планировании перевозки.

2.1.2. Теоретические основы развития грузовых автомобильных перевозок в условиях качественного изменения в области крупногабаритных и тяжеловесных перевозок

Вопрос теоретических основ развития автомобильных перевозок состоит из трех блоков:

1. Автомобильные перевозки в системе транспортной логистики.
2. Правовые основы организации автомобильных перевозок.

3. Состояние и перспективы развития автомобильных перевозок.

Первый и второй блоки подробно раскрыты в первой главе настоящей диссертационной работы.

Концепция развития автомобильного транспорта является составной частью реализации федеральной целевой программы [24] с целью создания условий, обеспечивающих развитие российской автомобильной отрасли, ее интеграцию в мировое автомобилестроение; повышение эффективности производства конкурентоспособной автомобильной техники, удовлетворяющей потребности населения, государства и субъектов хозяйствования.

Конечные результаты реализации программы – повышение качества услуг; обоснование себестоимости перевозок КТГ по автомобильным дорогам общего пользования; переход отрасли на функционирование в условиях перехода на современную нормативно-законодательную базу и стимулы для повышения эффективности работы.

Работа по формированию рациональной структуры подвижного состава автотранспорта, осуществляющих перевозки КТГ, должна проводиться с учетом снижения вреда на автомобильные дороги и обеспечения эффективности перевозок. Теоретическое представление системы мониторинга перевозок КТГ приведено на рис. 2.2.

Целями реализации системы развития автомобильного транспорта в условиях качественного изменения крупногабаритных и тяжеловесных перевозок по снижению вреда автомобильным дорогам являются создание технического и технологического обеспечения, включающего формирование оптимальной структуры парка АТС.

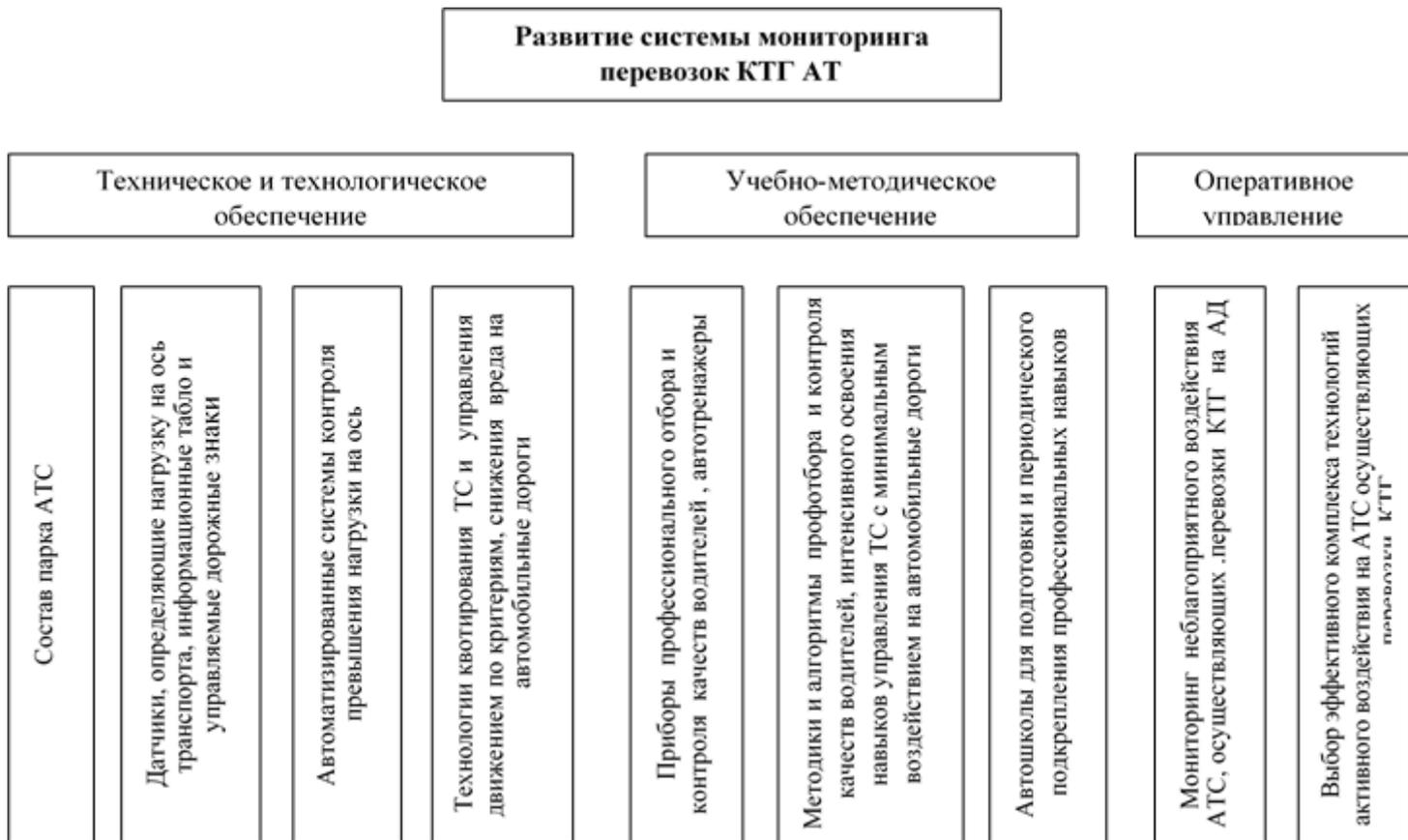


Рисунок 2.2. – Развитие системы мониторинга перевозок КТГ автомобильным транспортом

В модели в качестве критерия принимается снижения размер вреда причиняемого при перевозке КТГ автомобильным транспортом автомобильным дорогам при одновременном удовлетворении парком спроса на данные перевозки. В этом случае размер вреда P_j автомобильным транспортом N_i при выполнении перевозок КТГ за период $t_2 - t_1$, может быть представлена зависимостью:

$$P_j = \sum \sum \sum T N_{in} l_{in} q_{jin}, \quad (2.3)$$

Оптимальная структура парка АТС Q (количество однотипных АТС в регионе), при которой обеспечивается минимальный вред причиняемого при перевозке КТГ автомобильным транспортом автомобильным дорогам при выполнении заданного объема перевозок, удовлетворяет ограничениям:

$$\sum Q > P_j, N_j \geq Q \geq 0, \quad (2.4)$$

Предложенный метод позволяет определить оптимальную структуру парка АТС в регионе, как по эффективности перевозки КТГ, так и по видам контроля нагрузки на АД (существующие и прогнозируемые);

- обеспечение датчиками, осуществляющие контроль нагрузки на ось автомобильного транспорта, информационными табло и управляемыми дорожные знаками для управления транспортными потоками по критерию снижению вреда автотранспорта на АД;

- разработка и создание автоматизированных систем контроля превышения нагрузки на ось в динамическом режиме автомобильным транспортом, осуществляемых перевозку КТГ;

- разработка технологий квотирования ТС по и управления движением по критериям, снижения вреда на автомобильные дороги на маршрутах, проходящих через участки УДС федерального и регионального уровня, технологий нейросетевого управления движением посредством нейропрограмм, в основе которых критерии, технологий снижения вреда АД и оценки эффективности перевозок КТГ мобильными устройствами, смонтированными на АТС;

учебно-методическое обеспечение, включающее:

- оснащение автошкол и автопредприятий приборами профессионального отбора и контроля качеств водителей, современными автотренажерами, обеспечивающими обучение не только правилам дорожного движения (для снижения числа ДТП), но и выбору оптимальных маршрутов движения автомобиля с учетом снижения размера вреда АД;

- создание и использование методик и алгоритмов профотбора и контроля качеств водителей, интенсивного освоения водителями и периодического восстановления навыков управления ТС с минимальным воздействием на АД. В задачу входит составление планов по проведению семинаров по обмену передовым опытом эффективной перевозки КТГ и снижения ущерба АД при эксплуатации АТС;

- совершенствование работы автошкол в направлениях подготовки водителей и периодического подкрепления их профессиональных навыков для удовлетворения потребностей региона.;

оперативное управление, включающее:

- мониторинг неблагоприятного воздействия автотранспортных средств, осуществляемых перевозку КТГ на АД, получаемых с помощью различных методов. Эти данные проверяются, корректируются и унифицируются. По запросам пользователей производится интерактивное уточнение параметров моделей снижения размера вреда АД, а также решаются задачи типизации, экспертной обработки, синтеза информации;

- выбор эффективного комплекса технологий активного воздействия на АТС, осуществляемых перевозку КТГ с целью снижения размера вреда АД на базе созданных информационных моделей по полученным мониторингом данных. При этом наиболее значимыми здесь являются задачи оптимизации, компоновки, синтеза решений и т.п.

Реализация предложенной системы возможна по осторожным оценкам в течении 10 лет, что позволит решить важные задачи повышения развития автомобильного транспорта в условиях качественного изменения крупногабаритных и тяжеловесных перевозок по снижению вреда автомобильным дорогам.

Поэтому рациональная организация перевозок КТГ автомобильным транспортом в различных условиях рассматривается в данной работе как значительный резерв уменьшения ущерба автомобильным дорогам, как одно из важных направлений комплексного подхода.

Мероприятия по обеспечению сохранности автомобильных дорог и улучшению их качества реализовались, в том числе, в поручениях заместителя Председателя Правительства Российской Федерации А.В.Дворковича от 10.07.2015 № АД-П9-4613 о реализации Плана мероприятий по обеспечению оптимизации затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог на 5 – 7 % при формировании программ дорожных работ на 2016 год.

Переход к финансированию автомобильных дорог федерального значения по нормативам денежных затрат на ремонт и содержание автомобильных дорог, обеспечивающим увеличение до 12 лет межремонтных сроков эксплуатации автомобильных дорог федерального значения с усовершенствованным типом покрытия и соблюдение требований технических регламентов в части нормативных расчетных нагрузок в IV квартале 2016 года (согласно Плану Мероприятий утв. Постановлением Правительства РФ от 14.07.2015 N 704).

Опыт разработки и внедрения комплекса мероприятий по снижению размера вреда АД, накопленный в г. Санкт-Петербурге, показал, что сложности межведомственного взаимодействия в рамках выдачи разрешающих документов на перевозки КТГ связаны с разделением полномочий владельцев автомобильных дорог – региональных, местных исполнительных органов власти и федеральных контрольно-надзорных органов. В частности, регистрационная база автомобильного транспорта находится в ведении Министерства внутренних дел Российской Федерации, у региональных и, особенно, у местных властей нет к ней доступа, в тоже время, владельцами автомобильных дорог являются последние. Следовательно, и мероприятия по обеспечению сохранности автомобильных дорог должны обеспечивать региональные и местные власти.

Для получения доступа в федеральную базу между субъектом и МВД РФ заключается соглашение об обмене данными, которое служит началом для организации межведомственного взаимодействия.

После подписания соглашения идет сложный процесс налаживания технических вопросов, связанных с защитой получаемой от автоматизированных измерительных средств информации, налаживанием административного производства в электронном виде, размещением и обслуживанием серверов и прочее.

Таким образом, именно сложности налаживания межведомственных связей служат одной из основных причин долгой реализации программ по усилению контроля за перевозками КТГ. В тоже время, усиление данного контроля необходимо и самим перевозчикам, так как честная конкуренция, высокий

стандарт предоставления услуг и безопасность напрямую зависят от соблюдения установленных правил всеми участниками рынка. Недобросовестная конкуренция, напротив, значительно снижает эффективность и целесообразность перевозки КТГ.

На ряду с указанным, Правительством Российской Федерации было принято решение об установке до 2020 года порядка 400 автоматизированных систем весогабаритного контроля на дорогах общего пользования федерального значения. Данную тенденцию начали развивать и региональные власти:

- в 2016 году Правительством Санкт-Петербурга совместно с Ростелекомом была начата разработка концессионного соглашения по внедрению автоматизированного весогабаритного контроля на дорогах регионального значения, предусматривающего установку 21 постов;

- Правительством Нижегородской области в 2017 году запущен в тестовом режиме автоматизированный пост весового контроля;

Правительством Республики Коми в 2018 году запланирована установка 5 автоматизированных постов на автомобильных дорогах регионального значения.

Поэтому рациональная организация перевозок КТГ автомобильным транспортом в различных условиях рассматривается в данной работе как значительный резерв уменьшения ущерба автомобильным дорогам, как одно из важных направлений комплексного подхода к исследуемой проблеме.

Вывод. Тенденции развития грузовых автомобильных перевозок указывают на глобальную автоматизацию, особое место в которых занимает обеспечение сохранности автомобильных дорог путем внедрения и развития автоматизированных систем контроля и оплаты. В настоящее время нет комплексного подхода и автоматизации межведомственного взаимодействия органов, осуществляющих разрешительную и надзорную деятельность. При этом, реализованные в настоящее время мероприятия оказывают существенное влияние на порядок движения тяжеловесных транспортных средств. Перспективы развития систем контроля указывают на необходимость нового методологического подхода к процессу планирования перевозочного процесса.

2.2. Математическое моделирование влияния системообразующих факторов на эффективность автомобильных перевозок тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов

Для повышения эффективности перевозки КТГ необходимо рассматривать все факторы в комплексе и выявить зависимость между факторами-параметрами, а также оценить, какой вклад каждый из системообразующих факторов вносит в себестоимость перевозки. Для целей настоящей работы ниже будут рассмотрены актуальные системообразующие критерии.

Для того чтобы отследить взаимосвязь факторов и выявить зависимости между ними была построена модель влияния системообразующих эксплуатационно-технологических факторов на эффективность перевозки КТГ. Данная модель представлена на рисунке 2.3 [41].

Под издержками производства в данной работе будем понимать затраты на приобретение вводимых факторов производства (транспортные затраты). Данные издержки составляют экономическую основу себестоимости выполнения работ.

В рассмотренной модели критерий эффективности перевозки КТГ (Q) можно представить в виде математической модели влияния системообразующих факторов на эффективность перевозки КТГ, представленной в виде функции, зависящую от ограниченного количества факторов-параметров (n), оказывающих влияние на конечную стоимость перевозки КТГ.

$$Q = f(X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_n), \quad (2.5)$$

где X_1 – фактическая масса ТС (автопоезда) с грузом, т;

X_2 – фактическая осевая нагрузка, т/ось. Определяется в зависимости от количества и типа осей, расстояния между ними, и размещением груза на полуприцепе (прицепе);

X_3 – габариты ТС (автопоезда) с размещенным на нем грузом: длина, ширина, высота;

X_4 – протяженность маршрута, км;

X_5 – допустимые осевые нагрузки на маршруте, которые зависят от категории дорог и расчетной осевой нагрузки на данных автомобильных дорогах, а также от наличия временных ограничений;

X_6 – искусственные сооружения на маршрут (мосты, путепроводы, ж/д переезды и т.п.);

$X_7...X_n$ – другие факторы, оказывающие влияние, на эффективность перевозки.

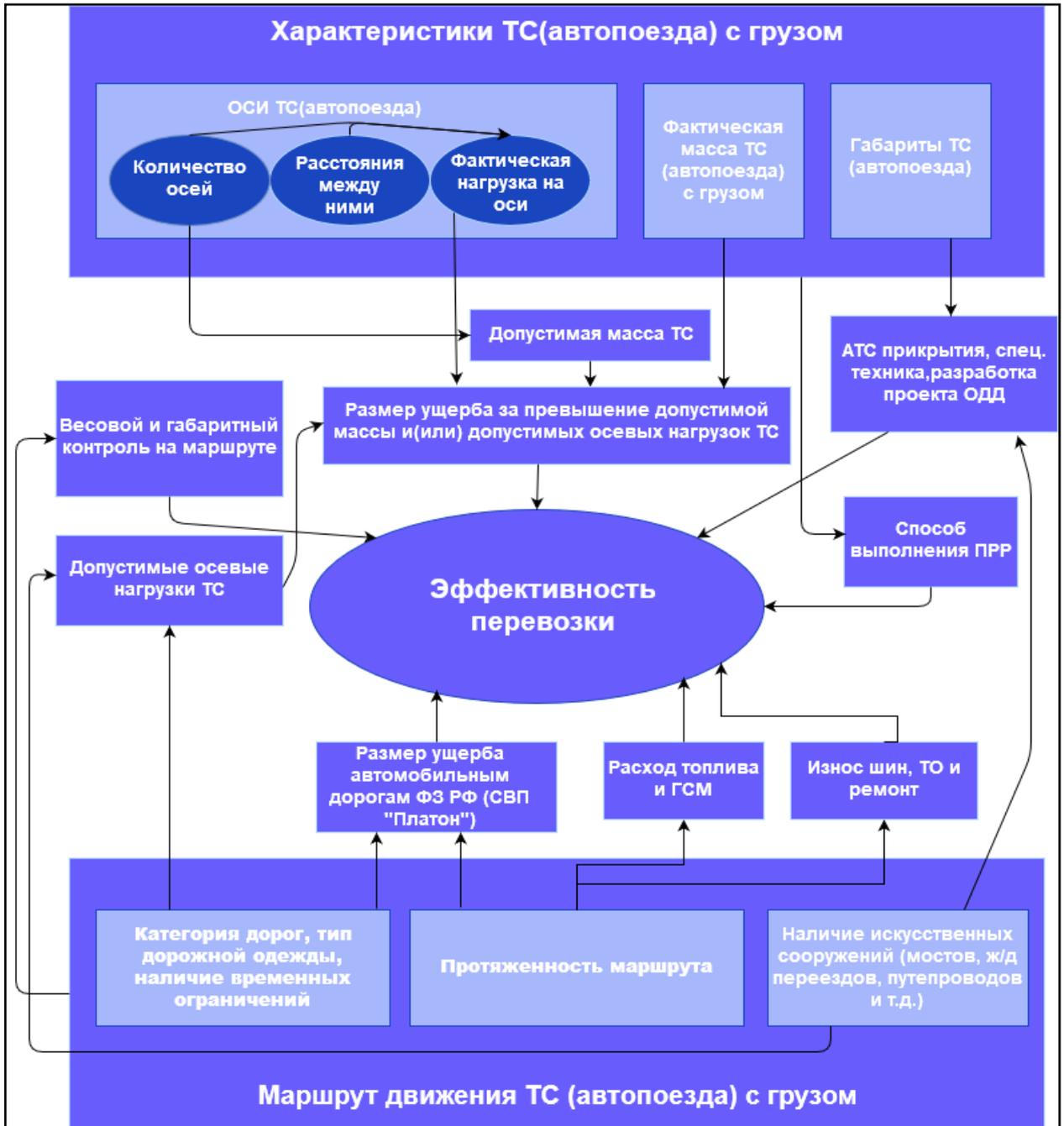


Рисунок 2.3. – Модель влияния системообразующих факторов на эффективность перевозки КТГ

Анализируя полученную модель можно сделать выводы о том, что основными факторами, оказывающими влияние на эффективность таких перевозок, являются характеристики выбранного ТС (автопоезда) с грузом, такие как количество осей, их взаимное расположение, фактические осевые нагрузки и масса АТС с грузом, а также габариты данного ТС, и маршрут движения данного ТС, который выбирается исходя из имеющихся вариантов, основываясь на категории дорог, типе дорожной одежды, наличии временных (сезонных) ограничений, наличием на данных дорогах искусственных сооружений и платных участков.

Основную часть переменных расходов (C) при перевозке КТГ по автомобильным дорогам, без учета амортизационных отчислений и расхода смазочных и обтирочных материалов, можно представить в виде суммы расходов (формула 2.6): за возмещение вреда автомобильным транспортом, расходов на топливо (при тяжеловесных грузовых перевозках обычно используется дизельное топливо), расходов на оплату стандартных машин прикрытия, на возмещение ущерба АД федерального значения общего пользования через СВП «Платон» [19, 59]. При необходимости к данным переменным расходам добавляются дополнительные расходы, такие как стоимость укрепления дороги и искусственных дорожных сооружений, оплата работы специальной техники, разработка проекта ОДД и сопровождение машинами ГИБДД. Дополнительные переменные затраты определяются индивидуально под каждый случай, и их расчетом занимаются специальные организации, в связи с чем в данной работе не предусмотрена дальнейшая оптимизация данных расходов, что позволяет нам принять дополнительные расходы как некую постоянную величину (константу).

$$C = \sum_{i=1}^5 C_i \quad (2.6)$$

Где C_1 – расходы, связанные с возмещением ущерба АД РФ за превышение допустимой (разрешенной) полной массы ТС(автопоезда), руб.;

C_2 – расходы, связанные с возмещением ущерба АД РФ за превышение допустимых (разрешенных) осевых нагрузок, руб.;

C_3 – затраты на дизельное топливо, руб.;

C_4 – оплата стандартных машин прикрытия, руб.;

C_5 – расходы на возмещение ущерба СВП «Платон», руб.;

Расходы C_1 и C_2 в общем случае определяются исходя из соответствующей методики расчета размера вреда, причиняемого ТС, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, для каждого участка отдельно. Для региональных и местных дорог в каждой области существуют свои методики, по которым определяется стоимость возмещения ущерба на 100 км маршрута, как правило при превышении полной массы и осевых нагрузок до 60% для упрощения расчетов существуют специальные сводные таблицы, на основе которых производятся расчеты. При перевозке КТГ автомобильным транспортом преимущественно используются федеральные дороги, т.к. данные дороги рассчитаны на большую допустимую осевую нагрузку, чем дороги регионального и местного значения.

Большинство региональных дорог рассчитаны на максимальную осевую нагрузку 10 тонн/ось, дороги с переходным типом покрытия рассчитаны на осевую нагрузку не более 6 тонн/ось, а федеральные дороги, как правило, рассчитаны на 10 тонн/ось, а некоторые из них – на 11,5 тонн/ось. Нельзя также забывать, что региональные и местные дороги в апреле месяце закрываются на просушку, в связи с чем снижаются разрешенные максимально допустимые осевые нагрузки (обычно в 2 раза), что приводит к значительному удорожанию перевозки с превышением осевых нагрузок.

На территории РФ допускается движение транспортных средств с допустимой массой для автопоездов седельных и прицепных шестиосных и более – 44т. Масса автопоезда с грузом и без для КТГ указывается в специальном разрешении и рассчитывается по следующим формулам:

$$m_{\text{без}} = m_{\text{ст}} + m_{\text{сп}}, \quad (2.7)$$

$$m_{\text{с}} = m_{\text{ст}} + m_{\text{сп}} + m_{\text{груз}}, \quad (2.8)$$

где:

$m_{\text{без}}$ – масса автопоезда без груза,

$m_{\text{с}}$ – масса автопоезда с грузом,

$m_{\text{ст}}$ – масса тягача в снаряженном состоянии,

$m_{\text{сп}}$ – максимальная масса снаряженного полуприцепа,

$m_{\text{груз}}$ – масса неделимого груза.

Размер ущерба при превышении допустимой полной массы и допустимых нагрузок по осям на дорогах федерального значения осей можно рассчитать по формулам (2.9 – 2.11). Размер платы в счет возмещения вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов по АД РФ, рассчитывается применительно к каждому участку автомобильной дороги, по которому проходит маршрут транспортного средства.

$$k = m_{\text{с}} - m_{\text{доп}}, \quad (2.9)$$

где $m_{\text{доп}}$ – допустимая масса ТС.

Размер платы в счет возмещения вреда участку АД Ппм при превышении по общей массе:

$$\Pi_{\text{пм}} = S \cdot T_{\text{тг}} \cdot P_{\text{пм}} \cdot K, \quad (2.10)$$

где:

$P_{\text{пм}}$ – размер вреда при превышении значения допустимой массы ТС, определенный соответственно для рассматриваемого участка а/д;

S - протяженность участка автомобильной дороги (сотни километров);

$T_{\text{тг}}$ - базовый компенсационный индекс текущего года, на 2017 год равен 1,8136.

K – коэффициент согласно постановлению Правительства РФ от 28.06.2016 №590 равен 0,6.

Размер платы в счет возмещения вреда участку АД при превышении допустимых осевых нагрузок:

$$\Pi_{\text{оси}} = S \cdot T_{\text{тг}} \cdot i_{\text{осей}} \cdot P_i \cdot K, \quad (2.11)$$

где:

$i_{\text{осей}}$ – количество осей ТС, имеющих одинаковые превышения;

P_i – размер вреда при превышении значения допустимых осевых нагрузок ТС, определенный соответственно для выбранной а/д.

Размер платы в счет возмещения вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов по а/д РФ, рассчитывается применительно к каждому участку автомобильной дороги, по которому проходит маршрут транспортного средства, по следующей формуле:

$$\Pi_p = [P_{\text{пм}} + (P_{\text{пом1}} + P_{\text{пом2}} + \dots + P_{\text{помi}})] \times S \times T_{\text{тг}}, \quad (2.12)$$

где:

Π_p - размер платы в счет возмещения вреда участку автомобильной дороги (рублей);

$P_{\text{пм}}$ - размер вреда при превышении значения допустимой массы транспортного средства, определенный соответственно для автомобильных дорог федерального значения, автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения, автомобильных дорог местного значения, частных автомобильных дорог (рублей на 100 километров);

$P_{\text{пом}1}, P_{\text{пом}2}, \dots, P_{\text{пом}i}$ - размер вреда при превышении значений допустимых осевых нагрузок, определенный соответственно для автомобильных дорог федерального значения, автомобильных дорог регионального или межмуниципального значения, автомобильных дорог местного значения, частных автомобильных дорог (рублей на 100 километров).

К стоимости размера платы в счет возмещения ущерба а/д РФ в случае, если часть маршрута проходит по территории дороги федерального значения, добавляется еще одна составляющая – возмещение вреда дорогам общего пользования федерального значения, который можно представить в виде:

$$C_{\text{Платон}} = S_{\phi} * tr, \quad (2.13)$$

где:

t_r – тариф системы «Платон» [19, 59], примем равным 1,9 руб./км. (действует с апреля 2017г);

S_{ϕ} - протяженность участков автомобильных дороги федерального значения, км.

Таким образом, основную часть переменных расходов при проезде S_{ϕ} можно представить в виде уточненной математической модели влияния системообразующих факторов на эффективность перевозки КТГ, зависящей от различных параметров, связанных с выбором АТС и маршрута:

$$C_{\phi} = f_1(m_c, m_{\text{доп}}, S_1, S_2, k_{\text{Э}}) + f_2(n_{\text{осей}}, r_{\text{осей}}, k_{\text{Э}}, S_1, S_2) + f_3(S_1, S_2, m_c, \Pi_T) + f_4(S, T) \quad (2.14)$$

где f_1 – функция, позволяющая определить ущерб за превышение допустимой полной массы автопоезда;

$m_{\text{доп}}$ – допустимая масса для выбранного ТС (автопоезда), тонны;

S_1 – протяженность маршрута по территории дорог СЗФО, сотни км;

S_2 – протяженность маршрута по территории дорог ЦФО, сотни км;

f_2 – функция, отвечающая за размер ущерба за превышение допустимых осевых нагрузок.;

$n_{\text{осей}}$ – количество осей выбранного транспортного средства с указанием их типа;

$r_{\text{осей}}$ – межосевые расстояния, м;

f_3 – затраты на топливо на маршруте, где c_T – стоимость литра дизельного топлива;

f_4 – функция, определяющая расходы, связанные с проездом по федеральной автомобильной дороге, где T – тариф в системе «Платон» [19, 59].

Для оценки возможности проведения линейной оптимизации экономико-математическими методами распишем подробнее функции $f_1 \dots f_4$.

Функцию f_1 , отвечающую за стоимость возмещения ущерба за превышение допустимой полной массы ТС (автопоезда), распишем через ступенчатую функцию (функцию Хевисайда). Функция Хевисайда $H(x)$ представляет собой кусочно-постоянную функцию, которая равна нулю при отрицательных значениях аргумента и единице при положительных значениях аргумента или при аргументе равном нулю. В общем виде данную функцию можно представить в виде (2.15):

$$H(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0; \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad (2.15)$$

При превышении допустимых нагрузок по массе ТС до 60% функцию f_1 можно представить в следующем виде:

$$f_1(m_c, m_{\text{доп}}, S_1, S_2) = \begin{cases} n * T_{\text{тр}} * k * \left(\sum_{i=1}^7 \left[\frac{S_1}{100} * K_{\text{э}} + \frac{S_2}{100} * K_{\text{э}} \right] * H(\alpha_{i2} - k_1) * H(k_1 - \alpha_{i1}) \right), & k_1 > 0; \\ 0, & k_1 \leq 0. \end{cases}$$

(2.16)

где $k_1 = \frac{m_c - m_{\text{доп}}}{m_{\text{доп}}} * 100\%$ – превышение допустимой массы ТС (автопоезда) в %;

n – количество перевозок по данному маршруту, указанных в спец. разрешении, шт. В рассматриваемых в данной работе случаях $n=1$;

К сожалению, с фактической массой ТС (автопоезда), в большинстве случаев перевозок тяжеловесных грузов ничего сделать нельзя, т.к. грузы данной категории по большей части относятся к категории неделимых, а, следовательно, снизить превышения по массе и возмещение ущерба на территории а/д не представляется возможным. Однако, можно значительно снизить возмещение ущерба за превышение допустимых осевых нагрузок, путем правильно подобранных автопоездов и маршрутов движения.

Для расчета затрат на стандартные машины прикрытия необходимо для начала рассчитать количество необходимых машин, которое определяется исходя из габаритных параметров ТС (автопоезда) с грузом и определить тарифные ставки за одну машину прикрытия.

Функцию f_2 , которая отвечает за размер возмещения ущерба невозможно представить в упрощенном виде для оптимизации в линейном виде, так как она зависит от различных факторов и параметров их определяющих. Превышение по осям для данной функции можно представить в виде вектора $k_{оси}$, состоящего из компонент $k_{осиj}$, рассчитанных по формуле (2.17):

$$k_{осиj} = \frac{(x_{1j} - x_{2j})}{x_{2j}} * 100\%; \quad (2.17)$$

где значения x_{1j} зависят от количества осей транспортного средства $j=1\dots n$ осей, расстояния между ними и фактической массы, а также от распределения нагрузки по осям, в данной работе будем считать, что нагрузка распределяется по осям полуприцепа равномерно, а значения x_{2j} выбираются с учетом типа осей, количества осей, расстояния между ними и категории дорог, по которым пролегает маршрут. В случае, если маршрут пролегает по территории дорог с одинаковой расчетной допустимой нагрузкой на оси и превышения нагрузки по осям не превосходят 60%, f_2 можно определить по следующей формуле:

$$f_2 = n * T_{\text{тр}} * k * \left(\sum_{l=1}^{n_{\text{оси}}} \sum_{i=1}^7 \left(\left[\frac{S_1}{100} * k_{\text{э}} + \frac{S_2}{100} * k_{\text{э}} \right] * \begin{cases} H(\beta_{i2} - k_{\text{осил}}) * H(k_{\text{осил}} - \beta_{i1}), & k_{\text{э}} > 0 \\ 0, & k_{\text{осил}} \leq 0 \end{cases} \right) \right), \quad (2.18)$$

где β – матрица, отвечающая за диапазон превышения допустимой осевой нагрузки в %;

B – матрица ставок размера вреда, от проезда тяжеловесных ТС по а/д, за превышение по осевой нагрузке, руб./100км. В первом столбце данной матрицы представлен размер возмещение ущерба за проезд по территории а/д СЗФО, а во втором, соответственно, по территории а/д ЦФО. Матрица B выбирается в зависимости от категории дороги (а/д рассчитанные на 10/11,5 тонн/ось) по следующему принципу:

$$B = \begin{cases} C1, & \text{если } kat_{\text{АД}} = 10 \text{ тонн/ось,} \\ C2, & \text{если } kat_{\text{АД}} = 11,5 \text{ тонн/ось} \end{cases}.$$

$$\beta = \begin{pmatrix} 0 & 10 \\ 10 & 20 \\ 20 & 30 \\ 30 & 40 \\ 40 & 50 \\ 50 & 60 \end{pmatrix}; \quad C1 = \begin{pmatrix} 2386 & 2747 \\ 3815 & 4392 \\ 6102 & 7026 \\ 9221 & 10616 \\ 13152 & 15141 \\ 17879 & 20584 \end{pmatrix}; \quad C2 = \begin{pmatrix} 1031 & 1187 \\ 1494 & 1720 \\ 2236 & 2574 \\ 3246 & 3737 \\ 4520 & 5204 \\ 6052 & 6967 \end{pmatrix}.$$

По формуле (2.18) можно считать только в случае, если категории дорог одинаковые, при различных категориях дорог необходимо адаптировать формулу к необходимому виду. $X_1(x_{11} \dots x_{1n_{\text{осей}}})$ и $X_2(x_{21} \dots x_{2n_{\text{осей}}})$ рассчитываются либо вручную индивидуально для каждого случая, либо с помощью специальных программ, но данную функцию представить в линейном виде практически невозможно, следовательно, линейная оптимизация для данной задачи не применяется.

Таким образом, важнейшим условием решением оптимизационной задачи повышения эффективности автомобильных перевозок тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам является снижение неблагоприятного воздействия автотранспортных средств на автомобильные дороги. Для этого необходимо определить основные закономерности влияния размера вреда, причиняемого транспортными средствами автомобильным дорогам на основе математического моделирования влияния основных факторов на размер возмещения вреда автомобильным дорогам, причиняемого транспортными средствами при перевозке тяжеловесных грузов.

Все факторы, влияющие на размер возмещения ущерба, причиняемого дорогам регионального значения при перевозке ТГ, можно разделить на четыре группы [32]:



Рисунок 2.4 – Группы факторов, влияющие на размер возмещения вреда

На рисунке 2.4 показаны 4 группы факторов: транспортное средство, экономика, климатические условия, дорожное полотно. Наиболее масштабная – группа «транспортное средство».

К группе «транспортное средство» относятся следующие факторы:

- 1) Величина превышения значений допустимых осевых нагрузок транспортного средства
- 2) Величина превышения значений допустимой общей массы транспортного средства
- 3) количество осей автотранспортного средства;

4) протяженность маршрута тяжеловесного автотранспортного средства, км.

Группа «дорожное полотно» состоит из факторов:

1) Условия дорожно-климатических зон
 2) Относительную стоимость выполнения работ по капитальному ремонту и ремонту в зависимости от расположения автомобильной дороги на территории Российской Федерации

3) Нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги, тонн/ось

Группа «экономика» состоит из факторов:

1) базовый компенсационный индекс предыдущего года
 2) индекс-дефлятор инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования в части капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог на очередной финансовый год, разработанный для прогноза социально-экономического развития и учитываемый при формировании бюджета на соответствующий финансовый год и плановый период.

3) размер ставки платы за превышение полной массы транспортного средства предельно допустимых значений;

4) размер ставки платы за превышение каждой осевой массы транспортного средства предельно допустимых значений;

Группа климатические условия:

1) Природно-климатические условия
 2) Условия дорожно-климатических зон

На размер возмещения вреда влияют 13 факторов.

Рассмотрим, как влияют факторы на размер возмещения вреда дорогам регионального значения.

Исследуем следующие факторы с помощью регрессионного анализа:

- Превышение по массе в %;
- Превышение по осям в % нормативной осевой нагрузки;

- Количество осей ТС, по которым имеется превышение предельно допустимых осевых нагрузок;
- Среднегодовая температура, °С (условия дорожно-климатических зон, природно-климатические условия);
- Нормативная осевая нагрузка на ось;
- Среднее количество осадков в год, мм (условия дорожно-климатических зон, природно-климатические условия);
- Сумма субсидий, выделенная на строительство и ремонт региональных дорог, тыс. руб.;
- Протяженность региональных дорог, км.

Регрессионный анализ — статистический метод исследования влияния одной или нескольких независимых переменных X_1, X_2, \dots, X_n на зависимую переменную Y . Независимые переменные иначе называют регрессорами или предикторами, а зависимые переменные - критериальными. Терминология зависимых и независимых переменных отражает лишь математическую зависимость переменных, а не причинно-следственные отношения.

Цели регрессионного анализа:

- Определение степени детерминированности вариации критериальной (зависимой) переменной предикторами (независимыми переменными)
- Предсказание значения зависимой переменной с помощью независимой(-ых)
- Определение вклада отдельных независимых переменных в вариацию зависимой

Данные для регрессионного анализа представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Значения факторов

Превышение по массе в %	Превышение по осям в % нормативной осевой	Кол-во осей ТС, по которым имеется	Среднегодовая температура °С	Нормативная осевая нагрузка на ось	Среднее количество осадков в в год,	Сумма субсидий, выделенная на строитель	Протяженность региональных дорог, км	Размер вреда, руб./100
-------------------------	---	------------------------------------	------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	---	--------------------------------------	------------------------

	нагрузки	превышение предельно допустимых осевых нагрузок			мм	бство и ремонт региональных дорог, тыс. руб.		км
10	45	1	5,8	6	661	19400	3316	1000 1
30	35	2	4,8	10	637	15282	9764,2	1800 4
10	45	1	1,3	6	621	2900	5945,1	4655
30	15	2	3,1	10	611	42800	6753	3970
45	10	3	1,3	11,5	870,7	46000	8102	7747
35	25	4	3,1	6	550	158228	11024	4706 6
45	10	3	0,6	6	523	290000	2035,8	6030
35	25	4	4,3	10	550	81178	8427	1015 5
25	40	1	7,9	10	824	14487	4448,3	1383 8
15	35	2	5,9	11,5	678	75340	8071,3	8145

Построение регрессионной модели осуществлялось с помощью *Microsoft Office Excel*, пакета анализа. Результаты анализа приведены на рисунках. (см. рисунки. 2.5 – 2.7)

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,998118765
R Square	0,996241069
Adjusted R Squar	0,966169622
Standard Error	2338,025403
Observations	10

Рисунок 2.5 – Регрессионная статистика

Эти результаты соответствуют следующим статистическим показателям:

Multiple R – множественный коэффициент корреляции R ;

R Square – множественный коэффициент детерминации R^2 ;

Standart Error – остаточное стандартное отклонение

Observations– число наблюдений n .

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	8	1448767006	1,81E+08	33,12914	0,133612893
Residual	1	5466362,786	5466363		
Total	9	1454233369			

Рисунок 2.6 – Дисперсионный анализ

Коэффициенты на рисунке 2.6 имеют следующую интерпретацию:

1. Столбец *df* – число степеней свободы.
2. Столбец *SS* -- сумма квадратов отклонений.

Для строки Регрессия -- это сумма квадратов отклонений теоретических данных от среднего.

Для строки Остаток -- это сумма квадратов отклонений эмпирических данных от теоретически.

2. Столбец *MS* – дисперсии.
3. Столбец *F* – расчетное значение *F* - критерия Фишера *F_p*.
4. Столбец *Значимость F* – значение уровня значимости, соответствующее вычисленному значению *F_p*.

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-9950	11680,50275	-0,85186	0,55082	-158364,9574	138464,7614	-158364,9574	138464,7614
X Variable 1	189	166,8917805	1,134401	0,459966	-1931,239001	2309,883262	-1931,239001	2309,883262
X Variable 2	296	189,0577628	-1,56525	0,361928	-2698,129313	2106,283969	-2698,129313	2106,283969
X Variable 3	2087	1803,34834	1,157562	0,453591	-25001,20062	20826,22582	-25001,20062	20826,22582
X Variable 4	3977	589,6086303	6,745113	0,0937	-3514,711371	11468,66457	-3514,711371	11468,66457
X Variable 5	-6015	658,3919107	-9,13623	0,069405	-14380,88132	2350,443512	-14380,88132	2350,443512
X Variable 6	45	11,25483429	4,025016	0,155027	-97,7053463	188,3071113	-97,7053463	188,3071113
X Variable 7	0,06	0,019553573	2,929867	0,209393	-0,191162324	0,30574108	-0,191162324	0,30574108
X Variable 8	5	0,514852759	9,782581	0,064852	-1,505235612	11,57841351	-1,505235612	11,57841351

Рисунок 2.7 – Значение коэффициентов регрессии

Коэффициенты рисунка 2.7 имеют следующую интерпретацию:

1. Коэффициенты -- значения коэффициентов *a_i*.
2. Стандартная ошибка -- стандартные ошибки коэффициентов *a_i*.
3. *t*-статистика -- расчетные значения *t*-критерия

Проанализируем числовые значения рисунков 2.5 – 2.7.

Рассчитанные коэффициенты регрессии ai , позволяют построить уравнение, выражающее зависимость вида:

$$Y = 189X_1 + 296X_2 + 2087X_3 + 3977X_4 - 6015X_5 + 45X_6 + 0,06X_7 + 5X_8 - 9950 \quad (2.19)$$

Где,

X_1 - превышение по массе в %;

X_2 - превышение по осям в % нормативной осевой нагрузки

X_3 - количество осей ТС, по которым имеется превышение предельно допустимых осевых нагрузок

X_4 - среднегодовая температура, °С

X_5 - нормативная осевая нагрузка на ось

X_6 - среднее количество осадков в год, мм

X_7 - сумма субсидий, тыс. руб.

X_8 - протяженность региональных дорог, км

Из полученного уравнения 2.1 видно, что наибольшее влияние на размер вреда влияет нормативная осевая нагрузка на ось и среднегодовая температура. Наименьшее влияние оказывает сумма субсидий, выделенная на строительство и ремонт региональных дорог.

Для измерения степени совокупного влияния отобранных факторов на результирующий признак рассмотрим коэффициент детерминации R^2 и совокупный коэффициент множественной корреляции R - общие показатели тесноты связи многих признаков.

Значение множественного коэффициента детерминации $R^2 = 0,99$ показывает, что 99 % общей вариации результирующего признака объясняется вариацией факторных признаков $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$. Значит, выбранные факторы существенно влияют на Y , что подтверждает правильность их включения в построенную модель.

Рассчитанный уровень значимости $p = 0,133612893 < 0,99$ (показатель Значимость F на рисунке 2.7) подтверждает значимость R^2 , что свидетельствует о существенности связи между рассматриваемыми признаками.

Данная гипотеза о среднем значении нуждается в подтверждении достоверности экспериментальными исследованиями.

Вывод. Разработана модель влияния системообразующих факторов на эффективность автомобильных перевозок тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов, из которой можно сделать выводы о том, что основными факторами, оказывающими влияние на эффективность таких перевозок, являются характеристики выбранного ТС (автопоезда) с грузом, такие как количество осей, их взаимное расположение, фактические осевые нагрузки и масса АТС с грузом, а также габариты данного ТС, и маршрут движения данного ТС.

При использовании метода Пирсона и метода экспертных оценок было доказано, что факторы, влияющие на размер вреда, имеют линейную зависимость вида:

$$Y = 189X_1 + 296X_2 + 2087X_3 + 3977X_4 - 6015X_5 + 45X_6 + 0,06X_7 + 5X_8 - 9950$$

Расчет коэффициента конкордации Кендалла показал, что согласованность экспертов сильная, что говорит о достоверности гипотезы.

2.3. Определение результирующей зависимости влияния величины превышения значения предельно допустимой массы и осевых нагрузок транспортного средства на размер вреда, причиняемого транспортными средствами

Как видно из разработанной математической модели основными факторами, оказывающими влияние на эффективность перевозок КТГ, являются весогабаритные параметры предполагаемого автопоезда, т.к. денежная сумма,

выплачиваемая за превышение весовых или габаритных параметров, может существенно превышать стоимость аренды самого подвижного состава. При правильном подходе к выбору тягача и полуприцепа уже на этапе планирования можно существенно сократить затраты на перевозку.

Так автоматизировав процесс подсчёта всех необходимых весовых параметров можно значительно упростить процесс подбора вариантов Подвижного Состава. Программное обеспечение действующее по схеме представленной на рис. 2.8 выдаёт все необходимые весовые параметры, которые остаётся только сопоставит с требованиями инструкции и произвести расчёты компенсации по тарифам регионов чья дорожная сеть будет задействована в процессе перевозки.

Т.к. автоматизировать расчёты габаритных параметров в некоторых случаях представляется мало возможным из-за необходимости учесть множество нюансов, которые проще решить вручную данный программный продукт производит расчёты основных весовых параметров и выводит справочные габаритные данные Подвижного Состава в том числе производит расчёт длинны автопоезда от бампера до бампера. Прочие габаритные параметры требуют учёта особенностей груза и Подвижного Состава, по этой причине реализация их в автоматизированном виде не представляется целесообразной. Каждая подобная перевозка является инженерной задачей, которую и призван решать работник логистического отдела. Предлагаемое программное обеспечение призвано лишь облегчит и ускорить производимые им расчёты, одновременно повысив их достоверность.



Рисунок 2.8 – Алгоритм расчета распределения весовых параметров автопоезда по осям

Также появилась возможность добиться наиболее выгодного, заранее просчитанного варианта распределения нагрузок по осям подвижного состава, путём правильного размещения груза на грузовой платформе прицепа, зная его цент тяжести.

Приложение Microsoft Excel, в которое встроен математический аппарат, который и позволил производить все необходимые расчёты в автоматическом режиме. Для повышения удобства обращения и достижения высокой наглядности конечного продукта был использован встроенный редактор Visual Basic. Не сложный математический аппарат был привязан к электронным таблицам, содержащим справочные данные по подвижному составу. Базу можно пополнять путём заполнения специального шаблона, единожды введённые данные становятся постоянно доступными к применению, что существенно снижает временные затраты в будущем при использовании этого же Подвижного Состава. Схематично принцип действия приложения можно изобразить так (см. рисунок 2.9).

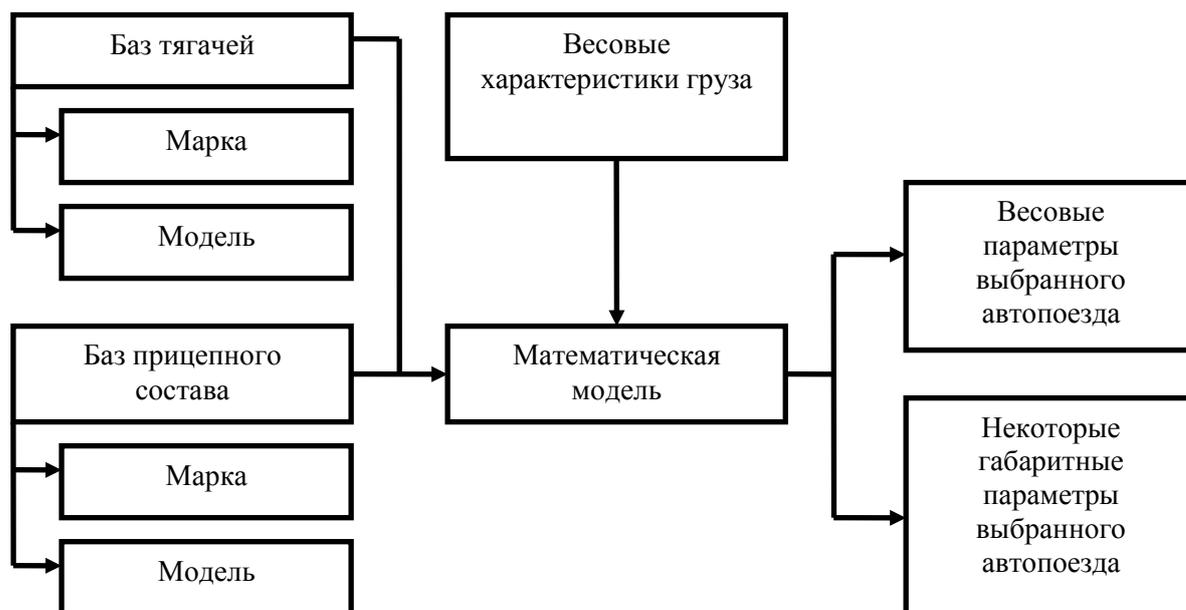


Рисунок 2.9 – Принцип действия математической модели

На рисунке 2.10 изображен математический аппарат, который позволил бы производить все необходимые расчёты в автоматическом режиме.

Рисунок 2.10 – Математический аппарат, позволяющий производить необходимые расчёты в автоматическом режиме

При подборе подвижного состава, наиболее подходящего для конкретных условий перевозки нужно учесть и проанализировать большое количество условий и ограничений, некоторые из которых несут нежелательный, а некоторые и запретительный характер. При всём при этом он должен вручную произвести

подсчёты габаритных и весовых параметров предполагаемого автопоезда, а в идеале и рассмотреть различные его варианты, для подбора наиболее технологичного решения, которое будет наиболее экономически выгодным. При этом приходится выделять значительную часть времени для поиска по справочным изданиям технических характеристик подвижного состава и проведения необходимых подсчётов. Автоматизация процессов расчета, позволит оптимизировать работу ранее выполнявшиеся вручную. В разрабатываемом программном обеспечении решена проблема автоматического подсчёта всех необходимых весовых и некоторых габаритных параметров необходимых для получения разрешения. Так программа представляет собой расширяемую базу данных по подвижному составу с системой автоматизированного расчёта основных параметров автопоезда. Таким образом, по выдаваемым ею параметрам, возможно произвести сравнительный анализ возможных вариантов просчитав их экономическую эффективность и принять необходимое решение в значительно более сжатые сроки, таким образом достигается оптимизация данного процесса в деятельности перевозчиков в процессе разработки перевозки и значительно снизить его трудозатраты, повысить надёжность получаемых результатов. Попутно сократив затрачиваемое время и требования к знанию номенклатуры подвижного состава.

На основании математического моделирования установлено, что важнейшим условием решением оптимизационной задачи повышения эффективности автомобильных перевозок тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам является снижение неблагоприятного воздействия автотранспортных средств на автомобильные дороги. В результате этого был разработан алгоритм оценки размера вреда ТС автомобильным дорогам, представленный на рисунке 2.11, который позволяет выявить оптимальную методику определения размера вреда автомобильным дорогам с целью повышения эффективности перевозок КТГ автомобильным транспортом при одновременном снижении неблагоприятного воздействия на АД.

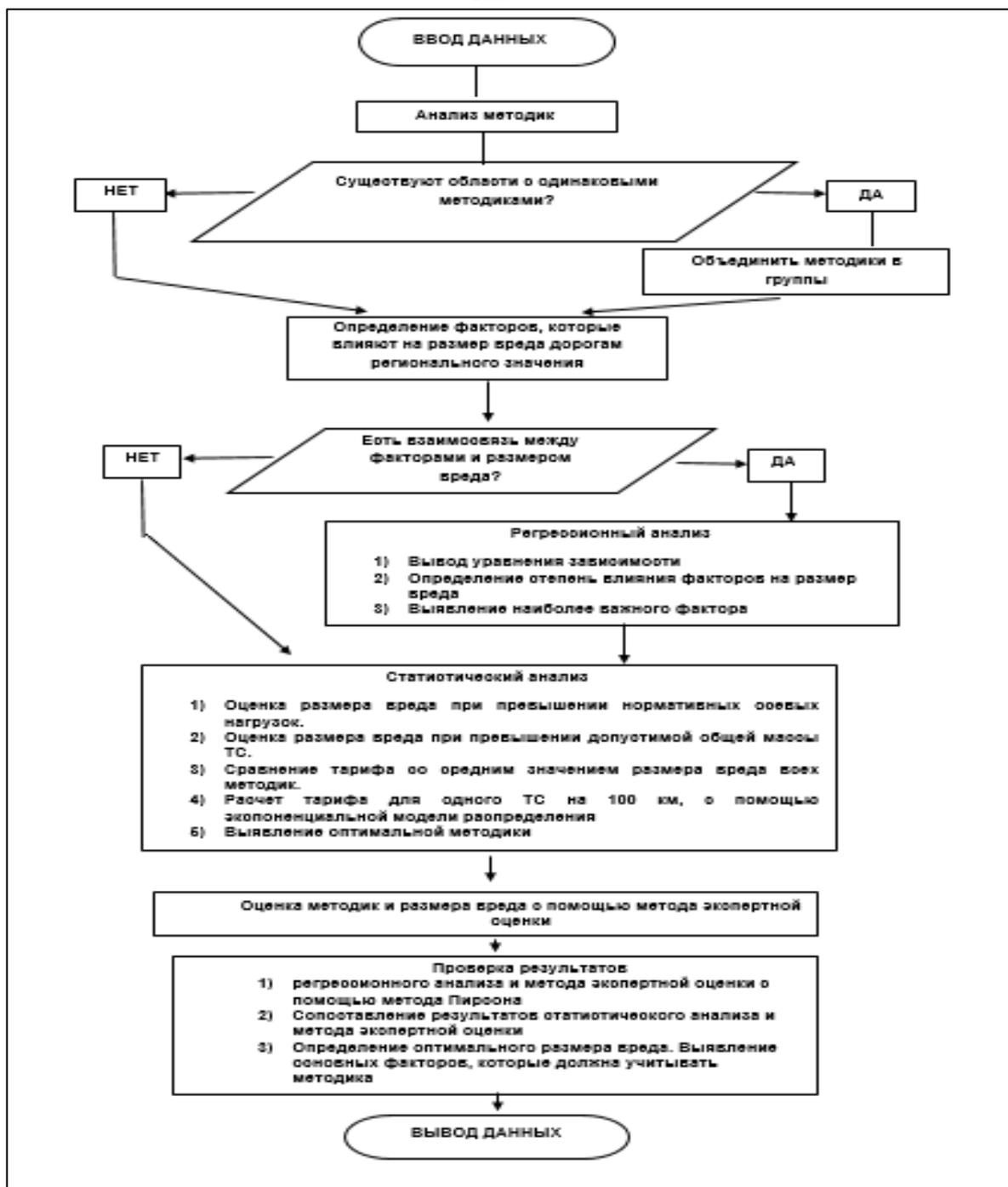


Рисунок 2.12 – Алгоритм оценки размера вреда ТС автомобильным дорогам
Установлено, что размер вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов зависит от:

- степени превышения значений допустимых осевых нагрузок и массы транспортного средства;
- интенсивности движения транспортных средств;
- расположения автомобильной дороги на территории Российской Федерации;

- значения автомобильной дороги.

Согласно прил. 6, ОДН 218.1.052-2002 (таблица 2.2) каждой категории дороги соответствует свой $K_{пр}$ – коэффициент относительной прочности дорожной одежды.

Таблица 2.2

Тип дорожной одежды, категория дорог	$K_{пр}$
Дорожные одежды капитального типа на дорогах I – II категории	1,00
Дорожные одежды капитального типа на дорогах III - IV категорий	0,94

Исходя из проведенного исследования был разработан эксплуатационный коэффициент, учитывающий критерий прочности дорожной одежды $K_{пр}$ в зависимости от требуемой при перевозках КТГ:

$$K_э = K_{пр} / K_{пу}^{тр} \quad (2.31)$$

где:

$K_{пр}$ – коэффициент прочности дорожной одежды;

$K_{пу}^{тр}$ – требуемый коэффициент прочности по критерию упругого прогиба (табл. 2.3 (МОДН 2-2001)).

Таблица 2.3

Тип дорожной одежды	Категория дороги	Предельный коэффициент разрушения m_p	Заданная надежность K_n	Требуемый коэффициент прочности по критерию	
				упругого прогиба $K_{пу}^{тр}$	сдвига $K_{сд}^{тр}$ и растяжения при изгибе $K_{из}^{тр}$
Капитальный	I	0,05	0,98	1,50	1,10

Тип дорожной одежды	Категория дороги	Предельный коэффициент разрушения m_p	Заданная надежность K_n	Требуемый коэффициент прочности по критерию	
				упругого прогиба $K_{\text{нр}}^{\text{нр}}$	сдвига $K_{\text{нр}}^{\text{нр}}$ и растяжения при изгибе $K_{\text{нр}}^{\text{нр}}$
	II	0,05	0,98	1,38	1,10
	III	0,10	0,98	1,29	1,10
	IV	0,10	0,95	1,17	1,00

Приведенные результаты расчета K_c приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Тип дорожной одежды, категория дорог	$K_{\text{пр}}$	K_c
Дорожные одежды капитального типа на дорогах I – II категории	1,00	0,69
Дорожные одежды капитального типа на дорогах III – IV категорий	0,94	0,76

В результате этого проведены расчеты размера вреда, наносимого автомобильным дорогам федерального значения, от превышения допустимых осевых нагрузок, в зависимости от категории дороги на 1 км (таблица 2.5).

Таблица 2.5

Категория дороги	Превышение допустимых осевых нагрузок на ось транспортного средства, %	Размер вреда (рублей на 1 км) для автомобильных дороги федеральных округов РФ		
		6 т	10 т	11,5 т
I – II	До 10	29,38	23,94	9,90
	Свыше 10 до 20	107,51	89,78	37,10
	Свыше 20 до 30	232,59	195,22	80,65
	Свыше 30 до 40	403,13	338,96	140,03
	Свыше 40 до 50	618,03	520,09	214,86
	Свыше 50 до 60	876,52	737,97	304,86
	Свыше 60 до 70	1177,97	992,04	409,80

	СВЫШЕ 70 до 80	1521,84	1281,88	529,55
	СВЫШЕ 80 до 90	1907,68	1607,09	663,88
	СВЫШЕ 90 до 100	2335,10	1967,35	812,71
	СВЫШЕ 100 до 110	2803,74	2362,35	975,88
	СВЫШЕ 110 до 120	3313,29	2791,84	1153,30
	СВЫШЕ 120 до 130	3863,48	3255,57	1344,87
	СВЫШЕ 130 до 140	4454,03	3753,32	1550,48
	СВЫШЕ 140 до 150	5084,72	4284,90	1770,07
	СВЫШЕ 150	По отдельному расчету		
III – IV	До 10	26,67	21,74	8,99
	СВЫШЕ 10 до 20	97,61	81,51	33,68
	СВЫШЕ 20 до 30	211,17	177,24	73,22
	СВЫШЕ 30 до 40	366,00	307,74	127,13
	СВЫШЕ 40 до 50	561,11	472,18	195,07
	СВЫШЕ 50 до 60	795,79	670,00	276,78
	СВЫШЕ 60 до 70	1069,47	900,67	372,05
	СВЫШЕ 70 до 80	1381,67	1163,82	480,78
	СВЫШЕ 80 до 90	1731,97	1459,07	602,74
	СВЫШЕ 90 до 100	2120,03	1786,14	737,86
	СВЫШЕ 100 до 110	2545,50	2144,76	886,00
	СВЫШЕ 110 до 120	3008,12	2534,70	1047,08
	СВЫШЕ 120 до 130	3507,63	2955,71	1221,00
	СВЫШЕ 130 до 140	4043,79	3407,62	1407,67
	СВЫШЕ 140 до 150	4616,39	3890,24	1607,04
	СВЫШЕ 150	По отдельному расчету		

Размер вреда ($P_{\text{помі}}$), наносимого автомобильным дорогам, при превышении значений допустимых осевых нагрузок определяют:

для дорог с одеждой капитального и облегчённого типов по формуле:

$$P_{\text{помі}} = (0,81 \cdot K_{\text{кап.рем.}} \cdot K_{\text{сез}} \cdot P_{\text{исх}} \cdot (1 + 0,2 \cdot P_{\text{ось}}^{1,92} \cdot (a / H - b))) / K_3 \quad (2.32)$$

для дорог с одеждой переходного типа по формуле:

$$P_{\text{помі}} = (K_{\text{кап.рем.}} \cdot K_{\text{сез}} \cdot P_{\text{исх}} \cdot (1 + 0,14 \cdot P_{\text{ось}}^{1,24} \cdot (a / H + b))) / K_3 \quad (2.33)$$

где

H – допустимая осевая нагрузка, тонн/ось;

P – превышение фактической осевой нагрузки над допустимой, тонн/ось;

a и b – постоянные коэффициенты;

$K_{\text{кап.рем}}$ – коэффициент, учитывающий относительную стоимость выполнения работ по капитальному ремонту и ремонту в зависимости от прохождения автомобильной дороги по территории федеральных округов РФ. Для Северо-западного региона принимается равным 1,07;

$K_{\text{сез}}$ – коэффициент, характеризующий и интегрально учитывающий полную массу транспортных средств, перевозящих тяжеловесные грузы. Для Северо-западного региона составляет:

для дорог федерального значения – 1,24;

для дорог регионального, межмуниципального, местного значения и частных дорог – 1,06.

K_3 – эксплуатационный коэффициент, учитывающий критерий прочности дорожной одежды:

$$K_3 = K_{\text{пр}} / K_{\text{пу}}^{\text{тр}} \quad (2.34)$$

где

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент прочности дорожной одежды;

$K_{\text{пу}}^{\text{тр}}$ – требуемый коэффициент прочности по критерию упругого прогиба (табл. 3.1 (МОДН 2-2001))

Тип дорожной одежды	Категория дороги	Предельный коэффициент разрушения m_p	Заданная надежность K_n	Требуемый коэффициент прочности по критерию	
				упругого прогиба $K_{\text{нр}}^{\text{нр}}$	сдвига $K_{\text{нс}}^{\text{нр}}$ и растяжения и изгибе $K_{\text{нр}}^{\text{нр}}$ при
Капитальный	I	0,05	0,98	1,50	1,10
			0,95	1,30	1,00
	II	0,05	0,98	1,38	1,10
			0,95	1,20	1,00
	III	0,10	0,98	1,29	1,10
			0,95	1,17	1,00
			0,90	1,10	0,94
	IV	0,10	0,95	1,17	1,00
			0,90	1,10	0,94
			0,85	1,06	0,90
			0,80	1,02	0,87
	Облегченный	III	0,15	0,98	1,29
0,95				1,17	1,00
0,90				1,10	0,94
IV		0,15	0,95	1,17	1,00
			0,90	1,10	0,94
			0,85	1,06	0,90
			0,80	1,02	0,87
V		0,15	0,95	1,13	1,00
			0,90	1,06	0,94
			0,80	0,98	0,87

Тип дорожной одежды	Категория дороги	Предельный коэффициент разрушения m_p	Заданная надежность K_n	Требуемый коэффициент прочности по критерию	
				упругого прогиба $K_{\text{уп}}$	сдвига $K_{\text{сд}}$ и растяжения при изгибе $K_{\text{из}}$
			0,70	0,90	0,80
Переходный	IV	0,40	0,95	1,17	1,00
			0,90	1,10	0,94
			0,85	1,06	0,90
			0,80	1,02	0,87
	V	0,40	0,95	1,13	1,00
			0,90	1,06	0,94
			0,80	0,98	0,87
			0,70	0,90	0,80

Действительное состояние автомобильной дороги определяется фактическим коэффициентом прочности дорожной одежды, который определяется по формуле:

$$K_{\text{пр}}^{\text{ф}} = E_{\text{ф}} / E_{\text{тр}} \quad (2.35)$$

где

$E_{\text{ф}}$ – фактический модуль упругости дорожного полотна (определяется экспериментально);

$E_{\text{тр}}$ – требуемый модуль упругости дорожного полотна:

$$E_{\text{тр}} = E_{\text{мин}} \cdot K_{\text{нр}} \cdot K_{\text{рег}} \cdot K_z \cdot K_{\text{су}} \cdot I/X_j \quad (2.36)$$

где

$E_{\text{мин}}$ – минимально допустимый модуль упругости дорожной одежды;

$K_{пр}$ – коэффициент относительной прочности дорожной одежды (табл. 2.7 (прил. 6, ОДН 218.1.052-2002))

Таблица 2.7

Тип дорожной одежды, категория дорог	$K_{пр}$
Дорожные одежды капитального типа на дорогах I – II категории	1,00
Дорожные одежды капитального типа на дорогах III - IV категорий	0,94
Облегченные дорожные одежды	0,90
Переходные дорожные одежды	0,63

$K_{рег}$ – региональный коэффициент (принимается $K_{рег} = 1$ для I-IV ДКЗ);

K_z – расчетный коэффициент, зависящий от фактической интенсивности дорожного движения (принимается по табл. 2.8 (прил. 6, ОДН 218.1.052-2002))

Таблица 2.8

Фактическая интенсивность дорожного движения Nф, авт./сут	Расчетный коэффициент K_z
10	0,30
50	0,70
100	0,78
500	0,97
1000	1,00
2000	1,02
3000	1,05
4000	1,06
5000	1,07

$K_{си}$ – коэффициент, учитывающий сопротивление конструктивных слоев дорожных одежд сдвигу и изгибу (принимается по табл. 2.9 (прил. 6 ОДН218.1.052-2002));

ДКЗ	Код характеристик конструктивных слоев	Код грунта земляного полотна	Приведенная, фактическая, суточная интенсивность дорожного движения по одной полосе, ед./сут						
			Более 5000	5000-3000	3000-1000	1000-500	500-250	250-100	
II	1	A	1,77	1,58	1,68	-	-	-	
		B	1,77	1,58	1,68	-	-	-	
	2	A	1,47	1,34	1,40	1,27	1,49	1,76	
		B	1,47	1,34	1,09	1,16	1,35	1,60	
	3	A	-	-	-	1,16	1,35	1,60	
		B	-	-	-	1,04	1,22	1,44	
	4	A	1,69	1,58	1,40	-	-	-	
		B	1,69	1,58	1,40	-	-	-	
	5	A	-	-	-	1,17	1,37	1,62	
		B	-	-	-	1,04	1,22	1,44	
	III	1	A	1,55	1,5	1,59	-	-	-
			B	1,55	1,46	1,54	-	-	-
		2	A	1,29	1,34	1,45	1,33	1,55	1,84
			B	1,29	1,34	1,34	1,27	1,48	1,76
3		A	-	-	-	1,16	1,35	1,60	
		B	-	-	-	1,10	1,28	1,52	
4		A	1,54	1,46	1,24	-	-	-	
		B	1,54	1,46	1,24	-	-	-	
5		A	-	-	-	1,17	1,37	1,62	
		B	-	-	-	1,08	1,27	1,50	
IV		1	A	1,33	1,42	1,50	-	-	-
			B	1,33	1,34	1,40	-	-	-
		2	A	1,11	1,34	1,50	1,39	1,62	1,92
			B	1,11	1,34	1,59	1,39	1,62	1,92
	3	A	-	-	-	1,16	1,35	1,60	
		B	-	-	-	1,16	1,35	1,60	
	4	A	1,40	1,34	1,09	-	-	-	
		B	1,40	1,34	1,09	-	-	-	
	5	A	-	-	-	1,17	1,37	1,62	
		B	-	-	-	1,13	1,32	1,56	

Дополнение к таблице 2.9

Характеристики конструктивных слоев	Код характеристик конструктивных слоев				
	1	2	3	4	5
Покрытие	Асфальтобетон Н ≥ 15 см	Асфальтобетон 15 см > Н ≥ 10 см	Асфальтобетон Н < 10 см	Асфальтобетон Н < 10 см	Черный щебень
Основание	Щебень	Щебень	Щебень	Укрепленный щебень	Щебень

Дополнение 2 к таблице 2.9

	Код грунта земляного полотна	
	А	В
Код грунта земляного полотна	Супесь легкая; песок	Суглинок легкий, пылеватый; суглинок легкий и тяжелый; супесь пылеватая; супесь тяжелая пылеватая; глина

Минимально допустимый модуль упругости дорожной одежды:

$$E_{min} = A + B \left[\lg \left(\gamma \times \omega \times N_1 \times \frac{q^{t_i-1}}{q-1} \right) - 1 \right] \quad (2.37)$$

где А и В – эмпирические коэффициенты, принимаемые для расчетной нагрузки: А = 125 МПа, В = 68 МПа;

γ – параметр, учитывающий суммарное число приложений расчетной нагрузки и принимаемый для облегченных дорожных одежд $\gamma = 0,148$;

ω – коэффициент, учитывающий продолжительность расчетного периода и агрессивность воздействия расчетных автомобилей в разных погодноклиматических условиях (прил.6 ОДН 218.1.052-2002). По Северо-Западному региону (II климатическая зона) значение омега составляет:

для капитальных дорожных одежд – 1,24

для облегченных дорожных одежд – 1,27;

N_1 – среднесуточная интенсивность движения на полосу в расчетный период 1-ого года эксплуатации, приведенная к расчетным автомобилям, авт/сут.;

q – показатель роста интенсивности движения (определяется по приложению 5 ОДН 218.1.052-2002):

$$q_i = \frac{N_{Ti}}{N_{Ti-1}} \quad (2.38)$$

где N_{Ti} и N_{Ti-1} - соответственно интенсивности движения в последующий и предыдущий годы, авт./сут.

t_i – расчетный период эксплуатации дорожной одежды, годы.

X_j – параметр, зависящий от допускаемой вероятности повреждения покрытий (табл. 2.10 (прил. 6 ОДН 218.1.052-2002))

Таблица 2.10

$r_{\text{доп}}$	0,490	0,365	0,255	0,180	0,140	0,100	0,075	0,055	0,040	0,00
X_j	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,45	$\geq 1,60$

$r_{\text{доп}}$ – допускаемая вероятность повреждения покрытия:

$$r_{\text{доп } i} = 1 - K_H \quad (2.39)$$

где K_H - расчетный (проектный) или нормативный уровень надежности дорожной одежды.

Фактическая величина приведенной суточной интенсивности согласно ОДН 218.046-01 определяется по формуле:

$$N_p = f_{\text{пол}} \cdot (N_1 S_{\text{мсум}1} + N_2 S_{\text{мсум}2} + \dots + N_i S_{\text{мсум}i}) \quad (2.40)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним (табл. 2.11 (ОДН 218.046-01));

Таблица 2.11

Число полос движения	Значение коэффициента $f_{\text{пол}}$ для полосы с номером от обочины		
	1	2	3

1	1,00	-	-
2	0,55	-	-
3	0,50	0,50	-
4	0,35	0,20	-
6	0,30	0,20	0,05

N_i – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств i -ой марки;

$S_{\text{сум}i}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства i -й марки к расчетной нагрузке $Q_{\text{расч}}$, (в соответствии с табл. 2.12 (Приложение 1 ОДН 218.046-01)).

Таблица 2.12

Типы автомобилей	Коэффициент приведения к расчетной нагрузке $S_{\text{т сум}}$
Легкие грузовые автомобили грузоподъемностью от 1 до 2 т	0,005
Средние грузовые автомобили грузоподъемностью от 2 до 5 т	0,2
Тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью от 5 до 8 т	0,7
Очень тяжелые грузовые автомобили грузоподъемностью более 8 т	1,25
Автобусы	0,7
Тягачи с прицепами	1,5

Таким образом, предлагаемая уточненная методика для определения вреда от проезда тяжеловесных автотранспортных средств по автомобильным дорогам позволяет определять величину вреда дорожной одежды и она пропорциональна разрушающему воздействию тяжеловесного транспортного средства, которое оценивается соответствующим коэффициентом приведения транспортного средства к расчетной нагрузке, K_3 – эксплуатационный коэффициент, учитывающий критерий прочности дорожной одежды. При этом рассмотрены

относительные доли вреда от снижения несущей способности дорожных конструкций и из-за повышенного износа дорожных покрытий.

Уточненная методика определения величины удельного вреда, наносимого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, в зависимости от капитальности дорожной конструкции на автомобильных дорогах разных категорий, а также региональных условий, в которых проходит маршрут перевозок предполагает определение эксплуатационного коэффициента, учитывающий критерий прочности дорожной одежды K_3 по разработанной зависимости:

$$K_3 = K_{пр} / K_{нy}^{тр} \quad (2.42)$$

Где: $K_{пр}$ – коэффициент прочности дорожной одежды;

$K_{нy}^{тр}$ – требуемый коэффициент прочности по критерию упругого прогиба (табл. 2.13 (МОДН 2-2001)).

Исходное значение размера вреда $P_{исx}$, наносимого автомобильным дорогам при превышении допустимых осевых нагрузок на 5%, определяется по таблице 2.13

Таблица 2.13

Расчётная осевая нагрузка, тонн/ось	11,5	10,0	6,0
$P_{исx}$, руб./км	8,4	18,4	85,0
a	39,5	37,7	7,3
b	2,7	2,4	0,27

На основании проведенного исследования, была разработана классификация, учитывающая 15 степеней состояния дорог в зависимости от прочности дорожного полотна. Были определены фактические модули упругости дорожной одежды E_f , МПа на основании полученных данных экспериментальных исследований, рассчитать эксплуатационные коэффициенты, учитывающий критерий прочности дорожной одежды ее несущей способности при перевозках КТГ. В результате по разработанному критерию- эксплуатационному коэффициенту, учитывающий критерий прочности дорожной одежды были

определены степени состояния дорог, определяющая данную классификацию. Категории дороги определены согласно ГОСТ Р 52398–2005.

На основании этого проведены расчеты размера вреда, наносимого автомобильным дорогам федерального значения, от превышения допустимых осевых нагрузок, в зависимости от расчётной осевой нагрузки 6,0, 10,0 и 11,5 тонн/ось на 1 км.

Таблица 2.14

Расчётная осевая нагрузка, т/ось	11,5	10,0	6,0
$P_{исх}$, руб./км	8,4	18,4	85,0
<i>a</i>	39,5	37,7	7,3
<i>b</i>	2,7	2,4	0,27
<i>d</i>	7365		
<i>c</i>	123,4		

Дополнения к таблице 2.14

Категория дороги	I	II	III	IV
<i>a</i>	99	37,5	34,3	10,3
<i>b</i>	8,9	2,75	2,43	0,03
Етр, МПа	337	274	239	223

Таблица 2.15

Тип дорожной одежды, категория дорог	$K_{пр}$
Дорожные одежды капитального типа на дорогах I – II категории	1,00
Дорожные одежды капитального типа на дорогах III - IV категорий	0,94
Облегченные дорожные одежды	0,90
Переходные дорожные одежды	0,63

$K_{рег}$ – региональный коэффициент ($K_{рег} = 1$ для I-IV ДКЗ);

Таблица 2.16

Коэффициент прочности $K_{пр}$	$K_э$ для I категории	Допустимая нагрузка ($Q_{доп}$) на каждую ось транспортного средства при:		
		Одиночной оси, (тс)	Двухосной тележке, (тс)	Трехосной тележке, (тс)
1,14-1,09	0,76-0,7	12	10	9
1,08-1,05	0,72-0,7	11	9	8
1,04-1,00	0,69-0,67	10	8	7
0,99-0,94	0,66-0,63	9	7	6
0,93-0,88	0,62-0,59	8	6	6
0,87-0,81	0,58-0,54	7	6	5
0,80-0,71	0,53-0,47	6	5	4
0,70-0,60	0,47-0,4	5	4	3
0,59-0,50	0,39-0,33	4	3	3

По полученным значениям построены графики зависимости размера вреда от эксплуатационного коэффициента, учитывающего критерий прочности дорожной одежды. Из графиков видно, что чем выше превышение разрешенной нагрузки в процентах, тем более стремительно возрастают графики. Так же, если посмотреть на данные в каждой таблице, то можно заметить, что стоимость гораздо меньше там, где разрешенная осевая нагрузка выше, даже при одинаковых процентных превышениях разрешенной нагрузки, следовательно, можно сделать вывод, что выгоднее перевозить грузы по тем дорогам, которые рассчитаны на более высокую расчетную нагрузку.

График зависимости размера вреда (рублей на 1 км) от превышения допустимых осевых нагрузок, имеющих расчетную осевую нагрузку 11,5 тонн/ось, показывает, что при снижении эксплуатационного коэффициента, учитывающего критерий прочности дорожной одежды, увеличивается величина ущерба, подлежащая возмещению, что определяет

Таблица 2.17 - Размер вреда, наносимого автомобильным дорогам, от превышения допустимых осевых нагрузок, имеющих расчётную осевую нагрузку 6,0 тонн/ось

Превышение допустимых осевых нагрузок на ось транспортного средства (процентов)	Размер вреда (рублей на 1 км) для автомобильных дорог, имеющих расчётную осевую нагрузку 6,0 тонн/ось, и федеральных округов РФ														
	Северо-Западный														
	1 степень Кэ=1,0	2 степень Кэ=0,81	3 степень Кэ=0,75	4 степень Кэ=0,69	5 степень Кэ=0,57	6 степень Кэ=0,56	7 степень Кэ=0,45	8 степень Кэ=0,44	9 степень Кэ=0,42	10 степень Кэ=0,41	11 степень Кэ=0,41	12 степень Кэ=0,38	13 степень Кэ=0,29	14 степень Кэ=0,28	15 степень Кэ=0,26
До 10	20,27	25,02	27,03	29,38	35,56	36,20	45,04	46,07	48,26	49,44	49,44	53,34	69,90	72,39	77,96
Свыше 10 до 20	74,18	91,58	98,91	107,51	130,14	132,46	164,84	168,59	176,62	180,93	180,93	195,21	255,79	264,93	285,31
Свыше 20 до 30	160,49	198,14	213,99	232,59	281,56	286,59	356,64	364,75	382,12	391,44	391,44	422,34	553,41	573,18	617,27
Свыше 30 до 40	278,16	343,41	370,88	403,13	488,00	496,71	618,13	632,18	662,29	678,44	678,44	732,00	959,17	993,43	1069,85
Свыше 40 до 50	426,44	526,47	568,59	618,03	748,14	761,50	947,64	969,18	1015,33	1040,10	1040,10	1122,21	1470,48	1523,00	1640,15
Свыше 50 до 60	604,80	746,67	806,40	876,52	1061,05	1080,00	1344,00	1374,55	1440,00	1475,12	1475,12	1591,58	2085,52	2160,00	2326,15
Свыше 60 до 70	812,80	1003,46	1083,73	1177,97	1425,96	1451,43	1806,22	1847,27	1935,24	1982,44	1982,44	2138,95	2802,76	2902,86	3126,15
Свыше 70 до 80	1050,07	1296,38	1400,09	1521,84	1842,23	1875,13	2333,49	2386,52	2500,17	2561,15	2561,15	2763,34	3620,93	3750,25	4038,73
Свыше 80 до 90	1316,30	1625,06	1755,07	1907,68	2309,30	2350,54	2925,11	2991,59	3134,05	3210,49	3210,49	3463,95	4538,97	4701,07	5062,69
Свыше 90 до 100	1611,22	1989,16	2148,29	2335,10	2826,70	2877,18	3580,49	3661,86	3836,24	3929,80	3929,80	4240,05	5555,93	5754,36	6197,00
Свыше 100 до 110	1934,58	2388,37	2579,44	2803,74	3394,00	3454,61	4299,07	4396,77	4606,14	4718,49	4718,49	5091,00	6670,97	6909,21	7440,69
Свыше 110 до 120	2286,17	2822,43	3048,23	3313,29	4010,82	4082,45	5080,38	5195,84	5443,26	5576,02	5576,02	6016,24	7883,34	8164,89	8792,96
Свыше 120 до 130	2665,80	3291,11	3554,40	3863,48	4676,84	4760,36	5924,00	6058,64	6347,14	6501,95	6501,95	7015,26	9192,41	9520,71	10253,08
Свыше 130 до 140	3073,28	3794,17	4097,71	4454,03	5391,72	5488,00	6829,51	6984,73	7317,33	7495,80	7495,80	8087,58	10597,52	10976,00	11820,31
Свыше 140 до 150	3508,46	4331,43	4677,95	5084,72	6155,19	6265,11	7796,58	7973,77	8353,48	8557,22	8557,22	9232,79	12098,14	12530,21	13494,08
Свыше 150	по отдельному расчёту														

Таблица 2.18 - Размер вреда, наносимого автомобильным дорогам, от превышения допустимых осевых нагрузок, имеющих расчётную осевую нагрузку 10,0 тонн/ось

Превышение допустимых осевых нагрузок на ось транспортного средства (процентов)	Размер вреда (рублей на 1 км) для автомобильных дорог, имеющих расчётную осевую нагрузку 10,0 тонн/ось, и федеральных округов РФ														
	Северо-Западный														
	1 степень Кз=1,0	2 степень Кз=0,81	3 степень Кз=0,75	4 степень Кз=0,69	5 степень Кз=0,57	6 степень Кз=0,56	7 степень Кз=0,45	8 степень Кз=0,44	9 степень Кз=0,42	10 степень Кз=0,41	11 степень Кз=0,41	12 степень Кз=0,38	13 степень Кз=0,29	14 степень Кз=0,28	15 степень Кз=0,26
До 10	16,52	20,40	22,03	23,94	28,98	29,50	36,71	37,55	39,33	40,29	40,29	43,47	56,97	59,00	63,54
Свыше 10 до 20	61,95	76,48	82,60	89,78	108,68	110,63	137,67	140,80	147,50	151,10	151,10	163,03	213,62	221,25	238,27
Свыше 20 до 30	134,70	166,30	179,60	195,22	236,32	240,54	299,33	306,14	320,71	328,54	328,54	354,47	464,48	481,07	518,08
Свыше 30 до 40	233,88	288,74	311,84	338,96	410,32	417,64	519,73	531,55	556,86	570,44	570,44	615,47	806,48	835,29	899,54
Свыше 40 до 50	358,86	443,04	478,48	520,09	629,58	640,82	797,47	815,59	854,43	875,27	875,27	944,37	1237,45	1281,64	1380,23
Свыше 50 до 60	509,20	628,64	678,93	737,97	893,33	909,29	1131,56	1157,27	1212,38	1241,95	1241,95	1340,00	1755,86	1818,57	1958,46
Свыше 60 до 70	684,51	845,07	912,68	992,04	1200,89	1222,34	1521,13	1555,70	1629,79	1669,54	1669,54	1801,34	2360,38	2444,68	2632,73
Свыше 70 до 80	884,50	1091,98	1179,33	1281,88	1551,75	1579,46	1965,56	2010,23	2105,95	2157,32	2157,32	2327,63	3050,00	3158,93	3401,92
Свыше 80 до 90	1108,89	1369,00	1478,52	1607,09	1945,42	1980,16	2464,20	2520,20	2640,21	2704,61	2704,61	2918,13	3823,76	3960,32	4264,96
Свыше 90 до 100	1357,47	1675,89	1809,96	1967,35	2381,53	2424,05	3016,60	3085,16	3232,07	3310,90	3310,90	3572,29	4680,93	4848,11	5221,04
Свыше 100 до 110	1630,02	2012,37	2173,36	2362,35	2859,68	2910,75	3622,27	3704,59	3881,00	3975,66	3975,66	4289,53	5620,76	5821,50	6269,31
Свыше 110 до 120	1926,37	2378,23	2568,49	2791,84	3379,60	3439,95	4280,82	4378,11	4586,60	4698,46	4698,46	5069,39	6642,66	6879,89	7409,12
Свыше 120 до 130	2246,34	2773,26	2995,12	3255,57	3940,95	4011,32	4991,87	5105,32	5348,43	5478,88	5478,88	5911,42	7746,00	8022,64	8639,77
Свыше 130 до 140	2589,79	3197,27	3453,05	3753,32	4543,49	4624,63	5755,09	5885,89	6166,17	6316,56	6316,56	6815,24	8930,31	9249,25	9960,73
Свыше 140 до 150	2956,58	3650,10	3942,11	4284,90	5186,98	5279,61	6570,18	6719,50	7039,48	7211,17	7211,17	7780,47	10195,10	10559,21	11371,46
Свыше 150	по отдельному расчёту														

Таблица 2.19 - Размер вреда, наносимого автомобильным дорогам, от превышения допустимых осевых нагрузок, имеющих расчётную осевую нагрузку 11,5 тонн/ось

Превышение допустимых осевых нагрузок на ось транспортного средства (процентов)	Размер вреда (рублей на 1 км) для автомобильных дорог, имеющих расчётную осевую нагрузку 11,5 тонн/ось, и федеральных округов РФ														
	Северо-Западный														
	1 степень Кз=1,0	2 степень Кз=0,81	3 степень Кз=0,75	4 степень Кз=0,69	5 степень Кз=0,57	6 степень Кз=0,56	7 степень Кз=0,45	8 степень Кз=0,44	9 степень Кз=0,42	10 степень Кз=0,41	11 степень Кз=0,41	12 степень Кз=0,38	13 степень Кз=0,29	14 степень Кз=0,28	15 степень Кз=0,26
До 10	6,83	8,43	9,11	9,90	11,98	12,20	15,18	15,52	16,26	16,66	16,66	17,97	23,55	24,39	26,27
Свыше 10 до 20	25,60	31,60	34,13	37,10	44,91	45,71	56,89	58,18	60,95	62,44	62,44	67,37	88,28	91,43	98,46
Свыше 20 до 30	55,65	68,70	74,20	80,65	97,63	99,38	123,67	126,48	132,50	135,73	135,73	146,45	191,90	198,75	214,04
Свыше 30 до 40	96,62	119,28	128,83	140,03	169,51	172,54	214,71	219,59	230,05	235,66	235,66	254,26	333,17	345,07	371,62
Свыше 40 до 50	148,25	183,02	197,67	214,86	260,09	264,73	329,44	336,93	352,98	361,59	361,59	390,13	511,21	529,46	570,19
Свыше 50 до 60	210,35	259,69	280,47	304,86	369,04	375,63	467,44	478,07	500,83	513,05	513,05	553,55	725,34	751,25	809,04
Свыше 60 до 70	282,76	349,09	377,01	409,80	496,07	504,93	628,36	642,64	673,24	689,66	689,66	744,11	975,03	1009,86	1087,54
Свыше 70 до 80	365,39	451,10	487,19	529,55	641,04	652,48	811,98	830,43	869,98	891,20	891,20	961,55	1259,97	1304,96	1405,35
Свыше 80 до 90	458,08	565,53	610,77	663,88	803,65	818,00	1017,96	1041,09	1090,67	1117,27	1117,27	1205,47	1579,59	1636,00	1761,85
Свыше 90 до 100	560,77	692,31	747,69	812,71	983,81	1001,38	1246,16	1274,48	1335,17	1367,73	1367,73	1475,71	1933,69	2002,75	2156,81
Свыше 100 до 110	673,36	831,31	897,81	975,88	1181,33	1202,43	1496,36	1530,36	1603,24	1642,34	1642,34	1772,00	2321,93	2404,86	2589,85
Свыше 110 до 120	795,78	982,44	1061,04	1153,30	1396,11	1421,04	1768,40	1808,59	1894,71	1940,93	1940,93	2094,16	2744,07	2842,07	3060,69
Свыше 120 до 130	927,96	1145,63	1237,28	1344,87	1628,00	1657,07	2062,13	2109,00	2209,43	2263,32	2263,32	2442,00	3199,86	3314,14	3569,08
Свыше 130 до 140	1069,83	1320,78	1426,44	1550,48	1876,89	1910,41	2377,40	2431,43	2547,21	2609,34	2609,34	2815,34	3689,07	3820,82	4114,73
Свыше 140 до 150	1221,35	1507,84	1628,47	1770,07	2142,72	2180,98	2714,11	2775,80	2907,98	2978,90	2978,90	3214,08	4211,55	4361,96	4697,50
Свыше 150	по отдельному расчёту														

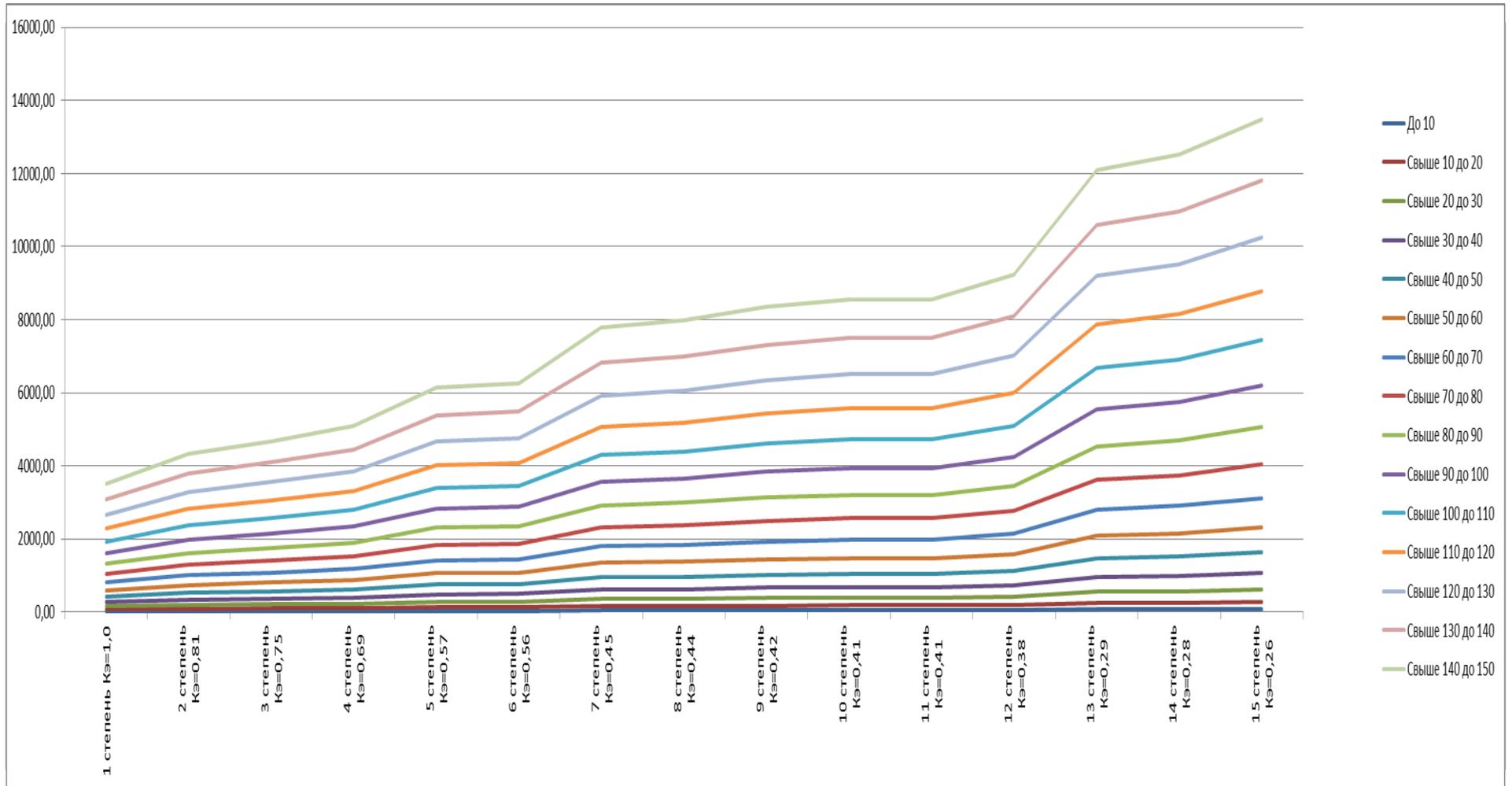


Рисунок 2.13 – График зависимости размера вреда (рублей на 1 км) от превышения допустимых осевых нагрузок, имеющих расчётную осевую нагрузку 6,0 тонн/ось

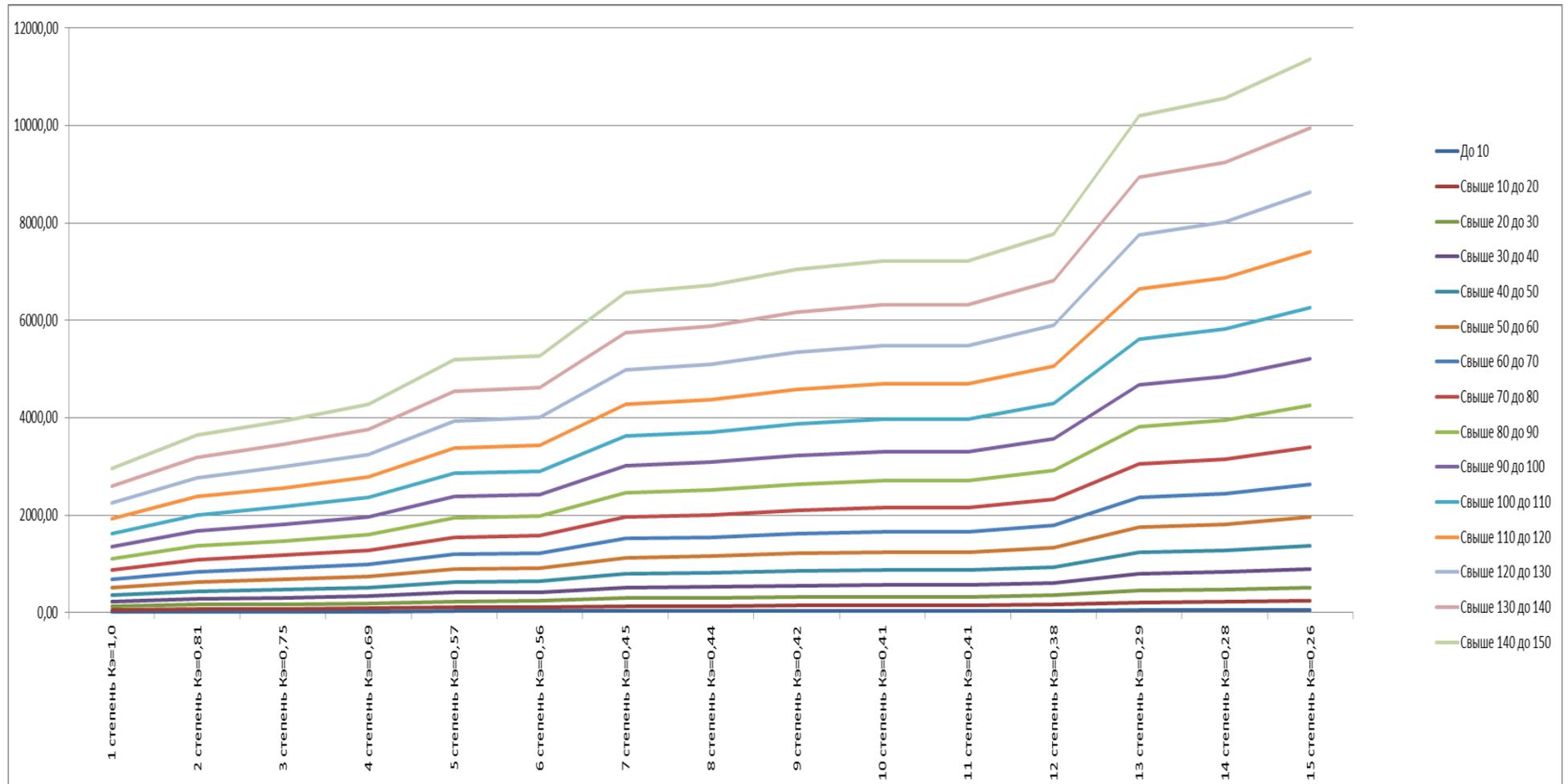


Рисунок 2.14 – График зависимости размера вреда (рублей на 1 км) от превышения допустимых осевых нагрузок, имеющих расчётную осевую нагрузку 10,0 тонн/ось

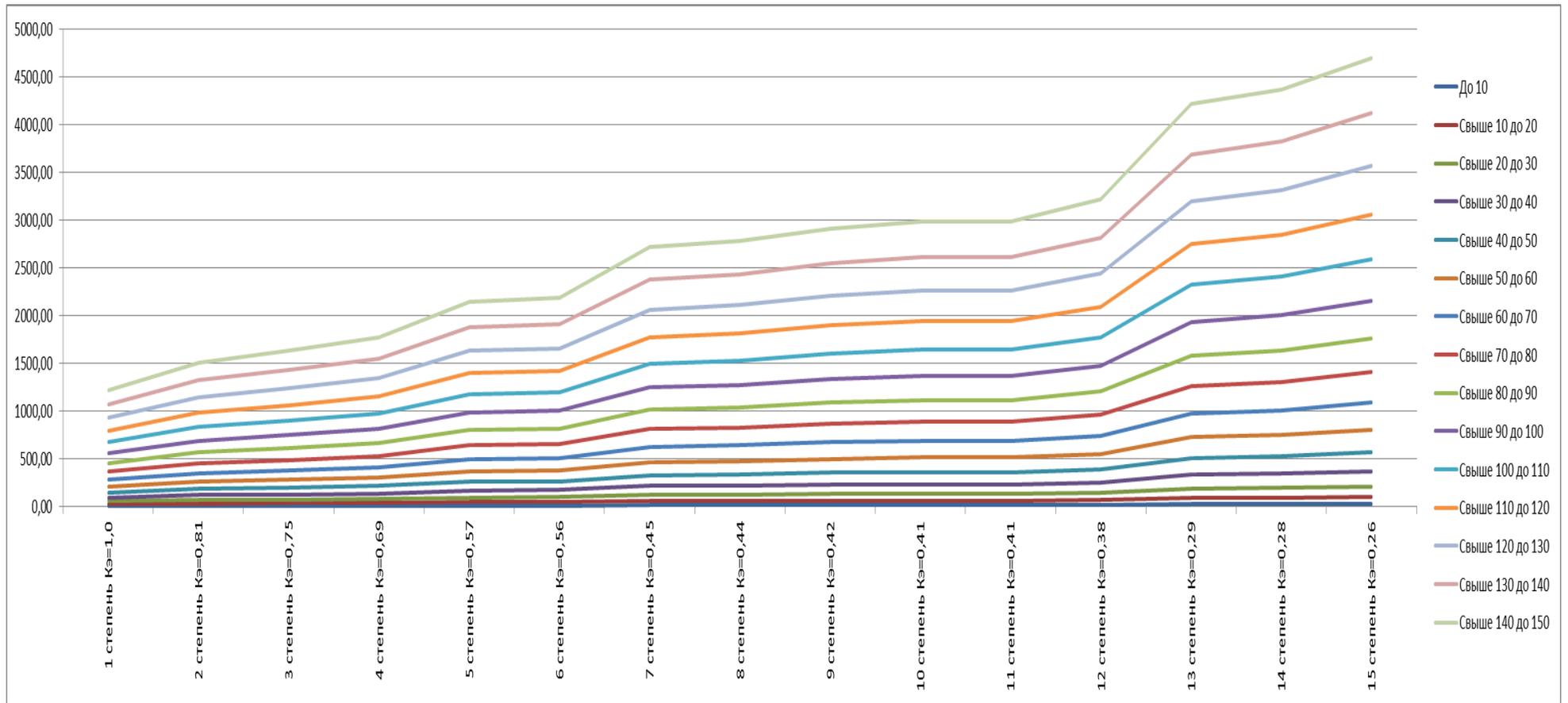


Рисунок 2.15 – График зависимости размера вреда (рублей на 1 км) от превышения допустимых осевых нагрузок, имеющих расчётную осевую нагрузку 11,5 тонн/ось

блей на 1 км) от превышения допустимых осевых нагрузок, имеющих расчётную осевую нагрузку 11,5 тонн/ось

Для подтверждения полученных результатов исследования были определены зависимости стоимости ущерба на дорогах разных категорий при разных превышениях расчетных нагрузок в процентах (табл.2.20.-2.22) и линии тренда стоимости ущерба при разных превышениях расчетных нагрузок

Таблица 2.20 – Зависимость величины ущерба от степени превышения расчетной нагрузки в процентах для дорог 1 и 2 категорий

Категория дороги	Превышение допустимых осевых нагрузок на ось транспортного средства, %	6 т	10 т	11,5 т
I – II	До 10	29,38	23,94	9,90
	Свыше 10 до 20	107,51	89,78	37,10
	Свыше 20 до 30	232,59	195,22	80,65
	Свыше 30 до 40	403,13	338,96	140,03
	Свыше 40 до 50	618,03	520,09	214,86
	Свыше 50 до 60	876,52	737,97	304,86
	Свыше 60 до 70	1177,97	992,04	409,80
	Свыше 70 до 80	1521,84	1281,88	529,55
	Свыше 80 до 90	1907,68	1607,09	663,88
	Свыше 90 до 100	2335,10	1967,35	812,71
	Свыше 100 до 110	2803,74	2362,35	975,88
	Свыше 110 до 120	3313,29	2791,84	1153,30
	Свыше 120 до 130	3863,48	3255,57	1344,87
	Свыше 130 до 140	4454,03	3753,32	1550,48
	Свыше 140 до 150	5084,72	4284,90	1770,07
	Свыше 150	По отдельному расчету		

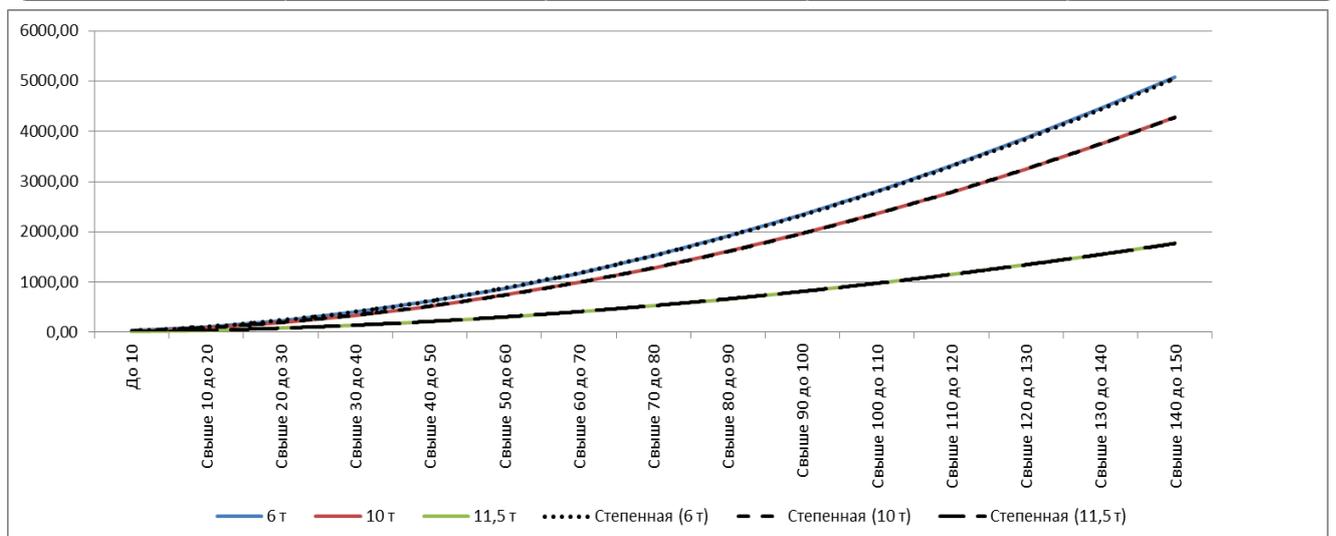


Рисунок 2.16 График зависимости величины ущерба от степени превышения расчетной нагрузки в процентах для дорог 1 и 2 категорий

Таблица 2.21 – Зависимость величины ущерба от степени превышения расчетной нагрузки в процентах для дорог 3 и 4 категорий

Категория дороги	Превышение допустимых осевых нагрузок на ось транспортного средства, %	Категория дороги		
		6 т	10 т	11,5 т
III – IV	До 10	26,67	21,74	8,99
	Свыше 10 до 20	97,61	81,51	33,68
	Свыше 20 до 30	211,17	177,24	73,22
	Свыше 30 до 40	366,00	307,74	127,13
	Свыше 40 до 50	561,11	472,18	195,07
	Свыше 50 до 60	795,79	670,00	276,78
	Свыше 60 до 70	1069,47	900,67	372,05
	Свыше 70 до 80	1381,67	1163,82	480,78
	Свыше 80 до 90	1731,97	1459,07	602,74
	Свыше 90 до 100	2120,03	1786,14	737,86
	Свыше 100 до 110	2545,50	2144,76	886,00
	Свыше 110 до 120	3008,12	2534,70	1047,08
	Свыше 120 до 130	3507,63	2955,71	1221,00
	Свыше 130 до 140	4043,79	3407,62	1407,67
	Свыше 140 до 150	4616,39	3890,24	1607,04
	Свыше 150	По отдельному расчету		

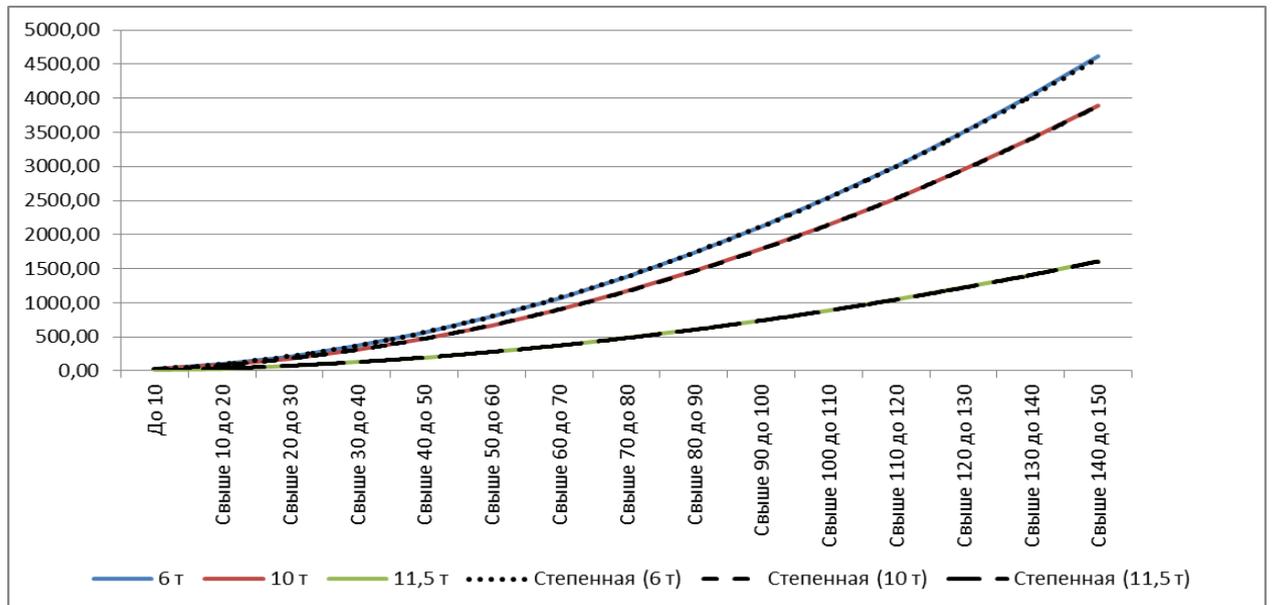


Рисунок 2.17 График зависимости величины ущерба от степени превышения расчетной нагрузки в процентах для дорог 3 и 4 категорий

Таблица 2.22 – Уравнения линий тренда для каждого графика.

	АД 1 - 2 катег.	АД 3- 4 катег
6.0т	$y = 28,848x^{1,9078}$	$y = 26,191x^{1,9078}$
10.0т	$y = 23,824x^{1,9168}$	$y = 21,63x^{1,9168}$
11.5т	$y = 9,847x^{1,9165}$	$y = 8,9401x^{1,9165}$

На приведенных графиках установлено, что при более низкой расчетной нагрузке графики возрастают более стремительно, следовательно, выгоднее перевозить грузы по дорогам с более высокой разрешенной нагрузкой. Это подтверждает данную гипотезу.

Для подтверждения необходимости разработанного критерия эксплуатационного коэффициента $K_э$, установлена зависимость его от весовых параметров транспортного средства перевозящих КТГ с различным количеством осей в виде уравнений линий тренда.

Таблица 2.23 – Зависимость эксплуатационного коэффициента $K_э$ от весовых параметров транспортного средства

Кэ для I категории	Допустимая нагрузка (Qдоп) на каждую ось транспортного средства при:			Допустимый общий вес транспортного средства		
	Одиночной оси, (тс)	Двухосной тележке, (тс)	Трехосной тележке, (тс)	Одиночной оси, (тс)	Двухосной тележке, (тс)	Трехосной тележке, (тс)
0,39-0,33	4	3	3	4	6	9
0,47-0,4	5	4	3	5	8	9
0,53-0,47	6	5	4	6	10	12
0,58-0,54	7	6	5	7	12	15
0,62-0,59	8	6	6	8	12	18
0,66-0,63	9	7	6	9	14	18
0,69-0,67	10	8	7	10	16	21
0,72-0,7	11	9	8	11	18	24
0,76-0,73	12	10	9	12	20	27

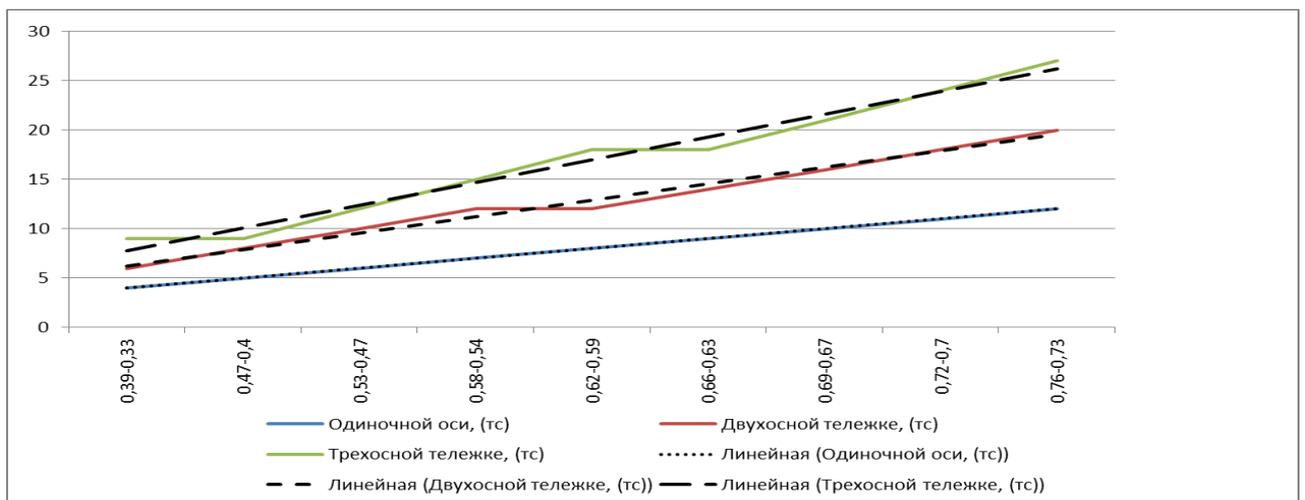
Рисунок 2.18 График зависимости $K_э$ от весовых параметров автомобиля

Таблица 2.24 – Уравнения линий тренда для каждого графика

Количество осей	Уравнение линии тренда
Одиночная ось	$y = x + 3$
Двухосная тележка	$y = 1,6667x + 4,5556$
Трехосная тележка	$y = 2,3x + 5,5$

Таким образом, для расчета платы за вред, причиняемый ТС, перевозящими крупногабаритный груз разработана последовательность расчета (рис.2.19).



Рисунок 2.19. Последовательность расчета платы за вред, причиняемый ТС, перевозящими крупногабаритный груз

В результате установлено, что чем больше $K_{э}$, тем больший вес можно возить по данной дороге, можно сделать вывод, что при большем количестве осей можно перевозить больший груз по дорогам с одинаковым $K_{э}$.

Таким образом, обоснована допустимая погрешность при определении вреда и показано незначительное влияние износа покрытий на общую величину вреда от проезда тяжеловесного транспортного средства. Предложена корреляционная зависимость для определения вреда при разной несущей способности дорожных конструкций и степени превышения осевыми нагрузками транспортного средства допустимых величин.

Вывод. В результате математического моделирования факторов, влияющих на эффективность перевозок КТГ, установлено, что ключевым является – фактическая осевая нагрузка транспортного средства.

Разработанный критерий «эксплуатационный коэффициент» позволяет оценивать вред АД при разной несущей способности дорожных конструкций и степени превышения осевых нагрузок транспортного средства. Проведено обоснование допустимой погрешности при определении вреда.

Определены 15 степеней эксплуатационного коэффициента для автомобильных дорог с разной расчетной осевой нагрузкой.

2.4. Методика многокритериальной оптимизации планирования перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом

Задачу оптимизации сложных технических систем, в том числе при планировании перевозок КТГ автомобильным транспортом, возможно решить только с помощью методов моделирования и, в частности, методами математического моделирования.

При моделировании необходимо учитывать комплекс критериев с целью комплексного подхода к вопросу оптимизации перевозочного процесса.

Методика планирования перевозок КТГ, базирующаяся на применении системотехнического подхода приведена на рисунке 2.20. В свою очередь, системотехнический подход опирается на принцип иерархичности,

предполагающий описание перевозочных процессов на различных уровнях с различной степенью упрощения. Таким образом, для обеспечения процесса оптимизации планирования перевозок КТГ необходимо построение комплекса математических моделей, отличающихся различным уровнем упрощения в описании процесса функционирования. Уровень упрощений в описании перевозочных процессов КТГ связан с требованием сохранения в математической модели техпроцессов и явлений, которые выбираются за определяющие при оптимизации. Для этих процессов должны быть обеспечены существенность сходства с оригиналом и несущественность различия модели по другим показателям перевозочных процессов, которые не являются определяющими. Ограничивающими условиями при разработке выступают: стоимостные и временные факторы.

Моделирование начинается с технических решений и рекомендаций оптимизации. Основная цель этого этапа состоит в изучении соответствия между несущей способностью дорожного покрытия АД и конструктивными параметрами АТС.

Кроме требований идентификации на этом этапе оптимизации могут быть выбраны критерии, характеризующие взаимосвязь «Автомобиль – Дорога».

По мере поступления информации о несущей способности дороги, особенностях конструкции АТС модель уточняется и приближается по своим свойствам к оригиналу. В связи с этим математическая модель должна обладать "гибкостью", т. е. свойством быстрой перестройки своей структуры и параметров математических зависимостей. Исследование уточненной модели позволяет в свою очередь правильно планировать эксперимент, результаты которого снова уточняют модель и так далее. Таким образом, эксперимент является необходимым условием создания математической модели, а, в свою очередь, модель является необходимым условием правильной постановки эксперимента. Оперативная связь модельного и натурного эксперимента позволяет существенно снизить стоимость оптимизации и сократить его сроки.

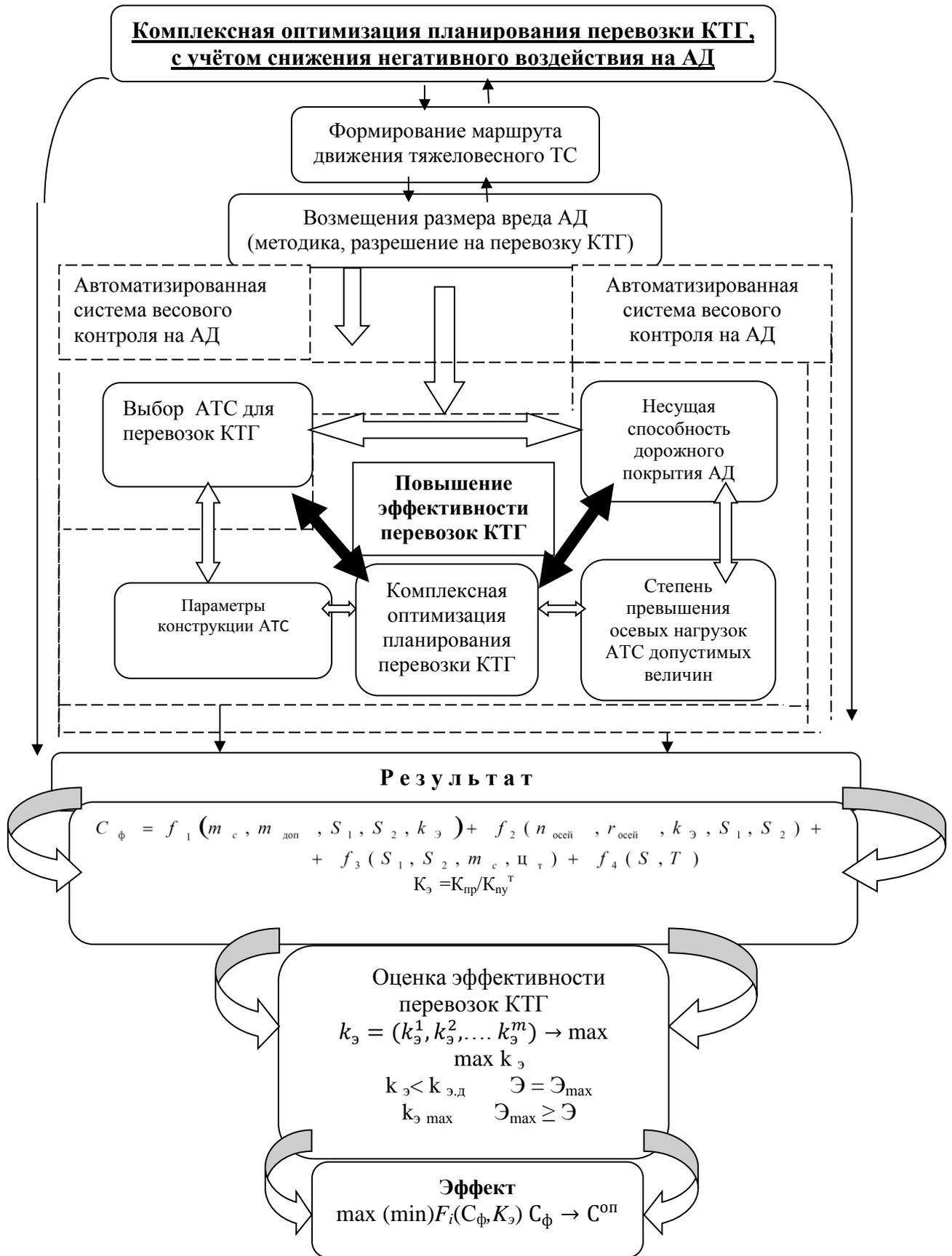


Рисунок 2.21 – Обобщенная модель оптимизации планирования перевозки КТГ с учетом снижения негативного воздействия на автомобильные дороги

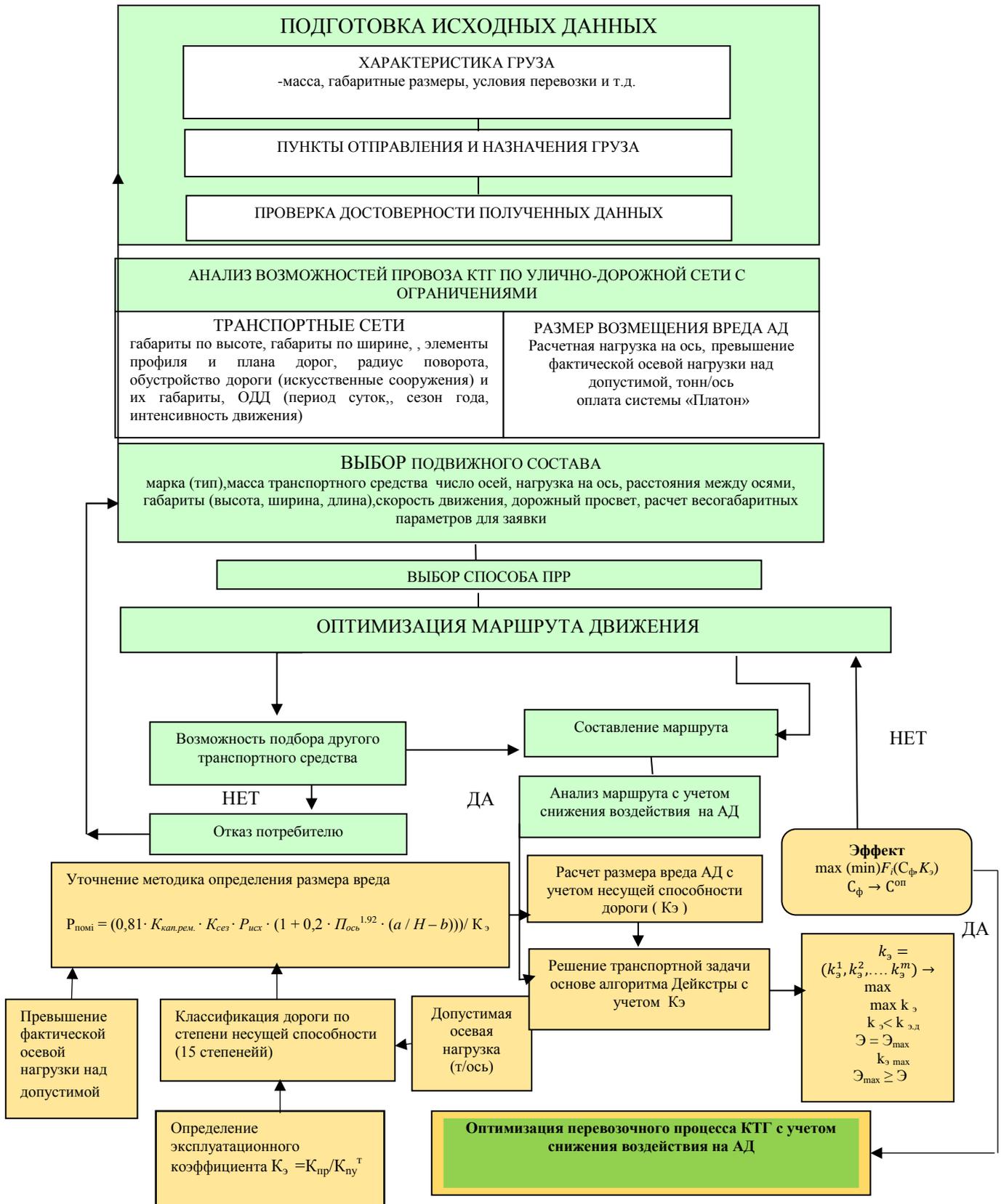


Рисунок 2.21 – Методика оптимизации планирования перевозочного процесса КТГ с учетом снижения воздействия на АД

Схема последовательности методики оптимизации планирования перевозочного процесса КТГ с учетом снижения воздействия на АД на рисунке 2.21., которая основывается на уточненной методике расчета размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов.

Описание измененной методики:

1. Настоящая Методика определяет порядок расчета размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов.

1.1. Для целей настоящей Методики используются следующие основные понятия:

а) нормативная (расчетная) осевая нагрузка автотранспортного средства – временная вертикальная нагрузка от транспортного средства, принимаемая в виде условной нагрузки для проектирования автомобильных дорог общего пользования.

б) допустимая осевая нагрузка автотранспортного средства – наибольшая осевая нагрузка автотранспортного средства, допускаемая по условиям прочности дорожной одежды и земляного полотна для проезда по автомобильным дорогам общего пользования.

в) межремонтный срок службы – нормативный экономически эффективный период времени, равный расчетному сроку службы дорожной одежды, при котором обеспечивается минимум транспортных и вне транспортных издержек.

г) расчетный срок службы дорожной одежды – период времени, в пределах которого уменьшается запас прочности дорожной конструкции до уровня, при котором достигается расчетная надежность дорожной одежды и соответствующее ей предельное состояние покрытия по ровности.

д) остаточный срок службы дорожной одежды – прогнозируемый период времени до момента проведения капитального ремонта автомобильной дороги.

е) капитальный ремонт – комплекс работ по восстановлению и повышению транспортно-эксплуатационного состояния автомобильной дороги, дорожных сооружений в пределах нормативных требований, установленных для ремонтируемой дороги и обеспечивающих эффективную ее работу в период до очередного капитального ремонта или реконструкции.

ж) ремонт автомобильной дороги – комплекс работ по возмещению износа, восстановлению сцепных качеств и ровности¹ дорожных покрытий, а также по устранению различных деформаций и повреждений автомобильной дороги и дорожных сооружений, что позволяет обеспечить выполнение нормативных требований к ее потребительским свойствам в период до очередного ремонта.

2. Методика определения размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов учитывает требуемые затраты на досрочный капитальный ремонт в результате снижения прочности дорожных конструкций и затраты на досрочный ремонт из-за повышенного износа дорожных покрытий.

3. Размер вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов зависит от:

- степени превышения значений допустимых осевых нагрузок и массы транспортного средства;
- интенсивности движения транспортных средств;
- расположения автомобильной дороги на территории Российской Федерации;
- значения автомобильной дороги.

Определение размера вреда ($R_{\text{пом}i}$), наносимого автомобильным дорогам

При превышении значений допустимых осевых нагрузок размер вреда определяют по формулам:

для дорог с одеждой капитального и облегченного типов по формуле:

$$R_{\text{пом}i} = (K_{\text{дкз}} \cdot K_{\text{кап.рем.}} \cdot K_{\text{сез.}} \cdot R_{\text{исх}} \times (1 + 0,2 \times \Pi_{\text{ось}}^{1.92} \cdot (a / H - b))) / K_3 \quad (2.43)$$

для дорог с одеждой переходного типа по формуле:

$$P_{\text{помі}} = (K_{\text{кап.рем.}} \cdot K_{\text{сез.}} \times P_{\text{исх}} \times (1 + 0,14 \times P_{\text{ось}}^{1,24} \times (a / H + b))) / K_3, \quad (2.44)$$

где H – допустимая осевая нагрузка, тонн/ось;

$P_{\text{ось}}$ – превышение фактической осевой нагрузки над допустимой, тонн/ось;

a и b – постоянные коэффициенты (таблица 2.25);

$P_{\text{исх}}$ – исходное значение размера вреда, наносимого автомобильным дорогам при превышении допустимых осевых нагрузок на 5%.

Таблица 2.25

Расчётная осевая нагрузка, тонн/ось	11,5	10,0	6,0
$P_{\text{исх}}$, руб./км	8,4	18,4	85,0
a	39,5	37,7	7,3
b	2,7	2,4	0,27

$K_{\text{кап.рем.}}$ – коэффициент, учитывающий относительную стоимость выполнения работ по капитальному ремонту и ремонту в зависимости от прохождения автомобильной дороги по территории федеральных округов РФ. Для Северо-западного региона принимается равным 1,07;

$K_{\text{сез.}}$ – коэффициент, характеризующий и интегрально учитывающий полную массу транспортных средств, перевозящих тяжеловесные грузы. Для Северо-западного региона составляет:

для дорог федерального значения – 1,24;

для дорог регионального, межмуниципального, местного значения и частных дорог – 1,06.

K_3 – эксплуатационный коэффициент, учитывающий критерий прочности дорожной одежды:

$$K_3 = K_{\text{пр}} / K_{\text{нy}}^{\text{тp}}, \quad (2.45)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент прочности дорожной одежды;

$K_{\text{нy}}^{\text{тp}}$ – требуемый коэффициент прочности по критерию упругого прогиба (прил. 6 ОДН 218.1.052-2002).

Коэффициент прочности дорожной одежды $K_{пр}$ определяется по формуле:

$$K_{пр}^{\phi} = E_{\phi} / E_{тр}. \quad (2.46)$$

где E_{ϕ} – фактический модуль упругости дорожного полотна (определяется экспериментально);

$E_{тр}$ – требуемый модуль упругости дорожного полотна:

$$E_{тр} = E_{min} \cdot K_{пр} \cdot K_{рег} \cdot K_z \cdot K_{cu} \cdot l/X_j \quad (2.47)$$

где

E_{min} – минимально допустимый модуль упругости дорожной одежды;

$K_{пр}$ – коэффициент относительной прочности дорожной одежды (табл. 2.26 (прил. 6, ОДН 218.1.052-2002))

Таблица 2.26

Тип дорожной одежды, категория дорог	$K_{пр}$
Дорожные одежды капитального типа на дорогах I – II категории	1,00
Дорожные одежды капитального типа на дорогах III - IV категорий	0,94
Облегченные дорожные одежды	0,90
Переходные дорожные одежды	0,63

$K_{рег}$ – региональный коэффициент (принимается $K_{рег} = 1$ для I-IV ДКЗ);

K_z – расчетный коэффициент, зависящий от фактической интенсивности дорожного движения (принимается по таблице 2.27 (прил. 6, ОДН 218.1.052-2002));

Таблица 2.27

Фактическая интенсивность дорожного движения Nф, авт./сут	Расчетный коэффициент K_z
10	0,30
50	0,70
100	0,78
500	0,97
1000	1,00
2000	1,02

3000	1,05
4000	1,06
5000	1,07

$K_{си}$ – коэффициент, учитывающий сопротивление конструктивных слоев дорожных одежд сдвигу и изгибу (принимается по таблице 2.28 (прил. 6 ОДН218.1.052-2002));

Таблица 2.28

ДКЗ	Код характеристик конструктивных слоев	Код грунта земляного полотна	Приведенная, фактическая, суточная интенсивность дорожного движения по одной полосе, ед./сут						
			Более 5000	5000-3000	3000-1000	1000-500	500-250	250-100	
II	1	A	1,77	1,58	1,68	-	-	-	
		B	1,77	1,58	1,68	-	-	-	
	2	A	1,47	1,34	1,40	1,27	1,49	1,76	
		B	1,47	1,34	1,09	1,16	1,35	1,60	
	3	A	-	-	-	1,16	1,35	1,60	
		B	-	-	-	1,04	1,22	1,44	
	4	A	1,69	1,58	1,40	-	-	-	
		B	1,69	1,58	1,40	-	-	-	
	5	A	-	-	-	1,17	1,37	1,62	
		B	-	-	-	1,04	1,22	1,44	
	III	1	A	1,55	1,5	1,59	-	-	-
			B	1,55	1,46	1,54	-	-	-
		2	A	1,29	1,34	1,45	1,33	1,55	1,84
			B	1,29	1,34	1,34	1,27	1,48	1,76
3		A	-	-	-	1,16	1,35	1,60	
		B	-	-	-	1,10	1,28	1,52	
4		A	1,54	1,46	1,24	-	-	-	
		B	1,54	1,46	1,24	-	-	-	
5		A	-	-	-	1,17	1,37	1,62	
		B	-	-	-	1,08	1,27	1,50	
IV		1	A	1,33	1,42	1,50	-	-	-
			B	1,33	1,34	1,40	-	-	-
		2	A	1,11	1,34	1,50	1,39	1,62	1,92
			B	1,11	1,34	1,59	1,39	1,62	1,92
	3	A	-	-	-	1,16	1,35	1,60	
		B	-	-	-	1,16	1,35	1,60	

	4	A	1,40	1,34	1,09	-	-	-
		B	1,40	1,34	1,09	-	-	-
	5	A	-	-	-	1,17	1,37	1,62
		B	-	-	-	1,13	1,32	1,56

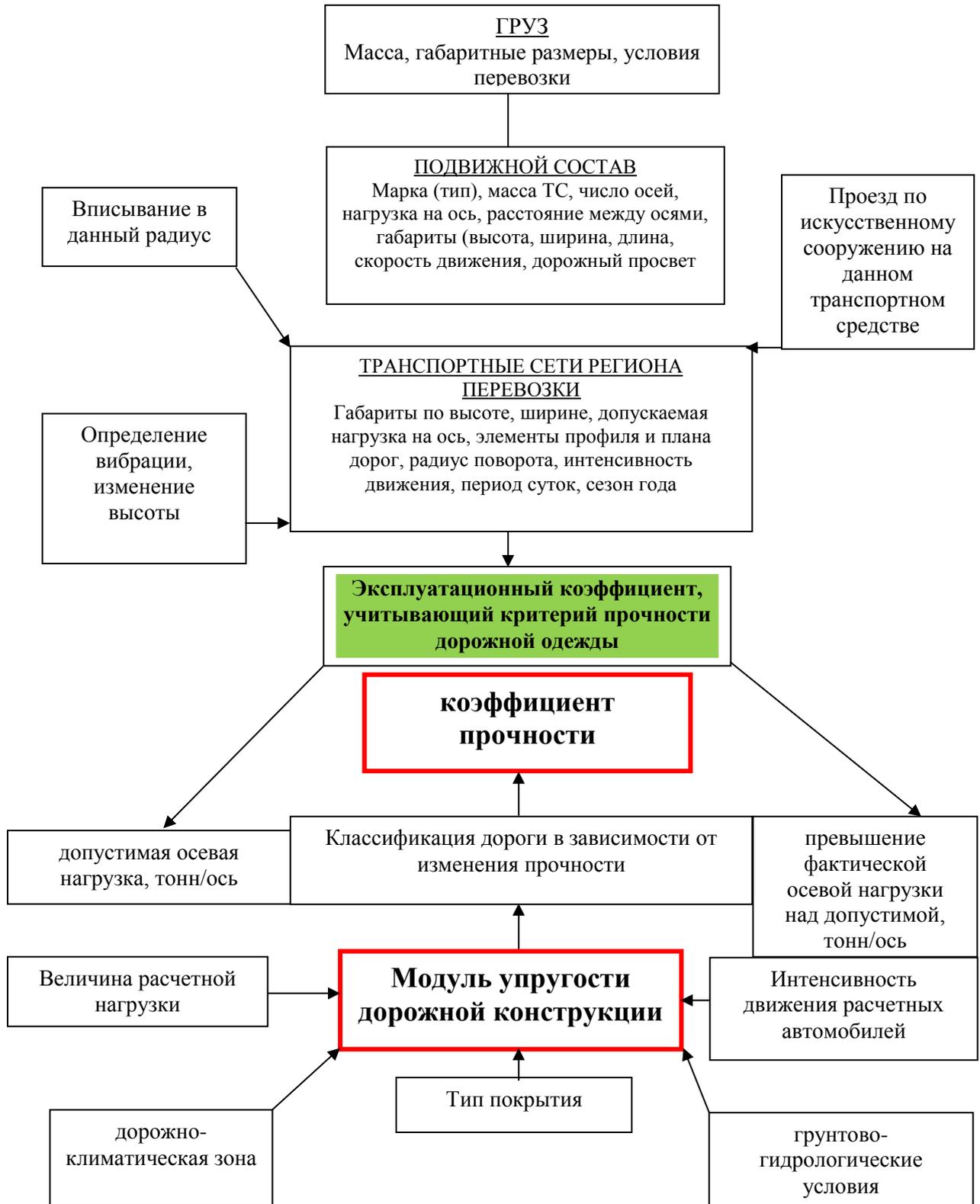


Рисунок 2.22 – Уточненная методика определения размера вреда от перевозки КТГ

Алгоритм расчета снижения негативного воздействия автомобильного транспорта, осуществляющего перевозки КТГ, на автомобильные дороги

Исходные данные:

Интенсивность движения на год обследования $T_{\text{обсл}}$

Конструкция существующей дорожной одежды

Срок службы дорожной одежды – $T_{\text{сл}}$

1. Расчет слоев усиления

Последовательность расчета:

1. Вычисляем приведенную интенсивность движения на полосу на год обследования N_{ϕ}

2. Вычисляем $T = T_{\text{сл}} - T_{\text{обсл}}$.

Если T меньше или равен единице, то берем $T = T_{\text{нормативное}}$

3. Вычисляем интенсивность $N_t = \gamma \cdot \omega \cdot N_{\phi} \cdot \left(\frac{q^T - 1}{q - 1} \right) \cdot q$,

где γ - коэффициент, определяемый по стр. 31ОДН,

ω – коэффициент, определяемый по табл. 5.1 и 5.2 ОДН;

q – показатель изменения интенсивности

4. Вычисляем:

$$E_{\min} = 125 + 65 (\lg N_t - 1)$$

и

$$E_{\text{тр}} = \frac{E_{\min} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{рг}} \cdot K_{\text{си}} \cdot K_z}{X_j}$$

где $K_{\text{пр}}$ – минимальный коэффициент прочности (прил. 6, таб. 2ОДН);

$K_{\text{рг}}$ – региональный коэффициент (зависит от зоны);

$K_{\text{си}}$ – коэффициент сопротивления изгибу (зависит от толщины асфальтобетона, N_f , типа и кода основания и грунта);

K_z – зависит от $N_{\text{факт}}$;

X_j – параметр, зависящий от допускаемой вероятности повреждений покрытий.

5. Определяем $E_{\text{факт}}$; с учетом фрезерования верхних слоев (или удаления всей конструкции дорожной одежды до грунта) и с учетом заданных коэффициентов старения по номограмме рис. 3.1 ОДН 218.046-01.

6. Определяем $K_{\text{пр}} = E_{\text{факт}} / E_{\text{тр}}$.

7. Сравниваем $K_{\text{пр}}$ с $K_{\text{пр-мин}}$,

Если $K_{\text{пр}} \geq K_{\text{пр-мин}}$, то расчет на усиление не требуется, в противном случае, выполняем расчет слоя усиления.

8. Определяем толщины требуемых слоев усиления до выполнения условия

$$K_{\text{пр}} \geq K_{\text{пр-мин}}$$

2. Алгоритм расчета ограничения движения

1. Вычисляем приведенную интенсивность движения на полосу на год обследования N_{ϕ}

2. Вычисляем интенсивность $N_t = \gamma \cdot \omega \cdot N_{\phi} \cdot \left(\frac{q^T - 1}{q - 1} \right) \cdot q$,

3. Вычисляем

$$E_{\text{требуемое}} = \frac{(125 + 68 \cdot (\lg(N_t - 1)) \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{рг}} \cdot K_{\text{си}} \cdot K_z}{X_j}$$

Определяем $E_{\text{факт}}$ по номограмме рисунка 3.1 ОДН 218.046-01

Вычисляем $K_{\text{пр}} = E_{\text{факт}} / E_{\text{требуемое}}$, и сравниваем его с $K_{\text{пр-мин}}$.

Определяем $K_{\text{э}}$ - эксплуатационный коэффициент по критерию прочности по формуле

$$K_{\text{э пр}} = K_{\text{пр}} / K_{\text{пу}}^{\text{тр}}$$

Если $K_{\text{пр}} > K_{\text{пр-мин}}$, то расчет по снижению негативного воздействия на автомобильные дороги не требуется, в противном случае, выполняем расчет ограничения.

4. Сортируем массив коэффициентов приведения по наиболее весоному коэффициенту.

Начиная с самого весомого коэффициента уменьшаем количество автомобилей для этого коэффициента на 10%. На каждом шаге повторяя вычисления $K_{\text{пр}}$, продолжаем перебор, до тех пор, пока $K_{\text{пр}} < K_{\text{пр-мин}}$.

Методика оптимизации планирования перевозок КТГ грузов на основе разработанного критерия – эксплуатационного коэффициента автомобильной дороги

Методика оптимизации планирования перевозок КТГ грузов на основе разработанного критерия – эксплуатационного коэффициента автомобильной дороги представлена в таблице 2.29 в виде последовательности действий.

Таблица 2.29 – Методика оптимизации планирования перевозочного процесса с учетом снижения воздействия на автомобильную дорогу

№	Процесс	Последовательность реализации планирования по оптимизации перевозочного процесса КТГ с учетом снижения негативного влияния на автомобильные дороги
1	Объект – перевозочный процесс КТГ. Факторы: - автомобиль; - осевая нагрузка; - тип автомобильной дороги; - несущая способность дорожного полотна.	Определение эксплуатационных факторов, влияющих на перевозочный процесс автомобильного транспорта КТГ.
2	Корреляционно-регрессионный анализ, определение поля корреляции, результаты математического анализа.	Математическое моделирование влияния системообразующих факторов на эффективность перевозочного процесса КТГ. Определение обобщенного критерия эффективности перевозки КТГ.
3.	Выбор АТС. Оптимизация маршрутной сети для перевозки тяжеловесных грузов с помощью алгоритма Дейкстры	Выбор АТС с учетом оптимального распределения нагрузки по осям и общей массе. Выбор оптимального маршрута с учетом снижения негативного влияния на автомобильные дороги.
4	Эксплуатационные факторы, их моделирование; перевозочный процесс; показатели эффективности.	Разработка практических рекомендаций по комплексной оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом.
5	- Затраты на перевозку груза до и после применения методики комплексной оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом; - единовременные затраты; - стоимостная оценка потерь от одного рейса до и после внедрения методики.	Технико-экономическое обоснование разработанной методики.

Эффект от внедрения методики оптимизации перевозочного процесса тяжеловесных грузов автомобильным транспортом, с учетом специфики парка и характера перевозимых грузов, выражается в следующих показателях:

минимизация затрат на возмещение вреда, причиняемого автомобильным дорогам, за счет оптимизации маршрутов и снижения непродуктивного пробега автотранспорта;

снижение затрат на техническое обслуживание, горюче-смазочных материалы и времени доставки КТГ за счет выбора маршрутов с более качественным дорожным полотном;

оптимизация планирования работы автотранспорта и снижение потерь, связанных с его ремонтом и простоем;

повышение эффективности работы отрасли (улучшение доходности одного рейса) за счет установления равных условий конкуренции для всех участников рынка посредством снижения человеческого фактора в рамках контрольно-надзорной и разрешительной деятельности государственных органов.

Рекомендации по комплексной оптимизации перевозок КТГ автомобильным транспортом

В результате проведенного исследования выявлены основные направления по повышению эффективности перевозок тяжеловесных грузов:

1. Сокращении расходов на перемещение указанной категории грузов посредством снижения размера вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами.

2. Уточнение федеральной методики расчета размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов.

3. Автоматизация процессов, оказывающих влияние на перемещение тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам.

4. Совершенствование законодательной базы, регулирующей область перевозки тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов по автомобильным дорогам.

Вывод. Исследования, приведенные в данной работе, показали, что наиболее существенным критерием, оказывающим влияние на перевозки крупногабаритных и (или) тяжеловесных грузов является размер платы в счет возмещения вреда. Был определен ключевой коэффициент, характеризующий состояние автомобильной дороги и, как следствие, определяющий размер платы в счет возмещения вреда. Чем ниже данный коэффициент, тем выше размер возмещаемого вреда.

Процессы, связанные с получением специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозку тяжеловесного и (или) крупногабаритного груза, а также с получением пропусков; согласованием маршрутов движения с владельцами автомобильных дорог, дорожных и инженерных сооружений; взвешиванием транспортных средств и сопровождением на штраф-стоянку; являются значительными факторами, занимающими продолжительные промежутки времени.

Таким образом, методика многокритериальной оптимизации перевозочного процесса заключается в:

1. Применении разработанного эксплуатационного коэффициента для оценки технического состояния автомобильных дорог.
2. Моделирование маршрута движения тяжеловесного транспортного средства по автомобильным дорогам с учетом разработанного коэффициента (с наибольшим эксплуатационным коэффициентом, т.е. с наилучшим техническим состоянием).
3. Предложенной оптимизации вопросов, входящих в компетенцию государственных органов, в части утверждения разработанного коэффициента, разрешительной и надзорной деятельности в отношении тяжеловесных автомобилей.

В данном методическом подходе в комплексе учитываются следующие критерии:

- переменные расходы на перевозку КТГ (включая возмещение вреда);

- время, затрачиваемое на подготовку перевозки КТГ (оформление разрешающих документов, планирование);
- время и ресурсы, затрачиваемые при прохождении контрольных мероприятий в отношении тяжеловесных автомобилей (весогабаритный контроль).

2.5. Выводы по главе

В результате теоретических исследований были установлены основные закономерности, характеризующие существенное влияние размера возмещения вреда автомобильным дорогам на эффективность перевозок КТГ автомобильным транспортом. Разработана последовательность комплексной оптимизации планирования перевозок КТГ автомобильным транспортом с учетом снижения воздействия на автомобильные дороги путем научного обоснования эксплуатационного коэффициента – критерия размера вреда автомобильным дорогам при перевозках КТГ, который пропорционален разрушающему воздействию тяжеловесного транспортного средства и включает в себя:

- математическое моделирование влияния системообразующих факторов на эффективность автомобильных перевозок тяжеловесных грузов;
- обоснования допустимой погрешности при определении вреда и определении незначительного влияния износа покрытий на общую величину вреда от проезда тяжеловесного транспортного средства;
- разработки корреляционной зависимости для определения вреда при разной несущей способности дорожных конструкций и степени превышения осевыми нагрузками транспортного средства допустимых величин;
- определении алгоритма оценки эффективности автомобильных перевозок тяжеловесных грузов с учетом воздействия на автомобильные дороги при превышении значений предельно допустимой массы и осевых нагрузок транспортного средства;

- уточнении результирующей зависимости влияния величины превышения значения предельно допустимой массы и осевых нагрузок транспортного средства на размер вреда, причиняемого транспортными средствами;
- систематизации логистического управления крупногабаритными и тяжеловесными перевозками автомобильным транспортом на основе снижения неблагоприятного воздействия автотранспортных средств на автомобильные дороги.

Для определения вреда АД, разработанной методикой предусмотрено допущение в составе транспортного потока дополнительной интенсивности движения тяжеловесного автомобиля, которая снижает межремонтный срок службы дорожной одежды. Выбраны критерии адекватности исследования.

В результате для решения данных оптимизационных задач разработан алгоритм оптимального планирования, в первой части которого рассмотрены возможности дорожной сети между пунктом отправления и пунктом назначения по разработанному критерию, подборе оптимального варианта ТС (автопоезда) для заданного специализированного груза (с минимальным превышением осевой нагрузки), после чего на основе анализа существующей дорожной сети и выбранного ТС построен оптимальный маршрут с точки зрения рассматриваемых переменных расходов.

Применение разработанного критерия состояния автомобильной дороги позволит транспортным компаниям эффективно прокладывать маршруты движения тяжеловесных автомобилей, сократит негативное воздействие на автомобильные дороги и повысит уровень безопасности дорожного движения за счет улучшения состояния автомобильных дорог.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК

3.1. Программа экспериментальных исследований

Решение поставленной в данном диссертационном исследовании задачи базируется на анализе и синтезе комплекса значительного объема исследований. Вопросу рациональной организации и проведения экспериментальных исследований уделено особое внимание. Для реализации этого системного подхода была разработана программа экспериментальных исследований, в основу которой положены следующие концептуальные соображения:

- в качестве объекта и предмета исследования приняты автотранспортные средства и их воздействие на автомобильные дороги;
- на уровне транспортного потока выявляется эффективность всех мероприятий, направленных на обеспечение эффективности КТГ перевозок;
- использование современных методов, средств измерений и обработки экспериментальных исследований процессов, современные методы анализа и синтеза;
- системное проведение взаимоувязанного комплекса экспериментальных работ на участках УДС и в составе транспортного потока, а также в лабораторных условиях;
- в связи с тем, что объект и предмет исследования являются сложными системами и имеют вероятностные характеры, то должны использоваться методы математического планирования экспериментов и соответствующие статистические методы обработки результатов эксперимента;
- экспериментальные исследования направлены на подтверждение теоретических исследований и творческое сопоставление с результатами исследований других авторов в рассматриваемой области знаний;

- экспериментальные исследования должны обеспечивать объективную оценку воздействия автомобильного транспорта на автомобильные дороги.

Для реализации программы экспериментов:

- уточняются аналитические методы определения размера вреда от автотранспорта на участках городской УДС;
- разрабатываются частные методики экспериментального определения воздействия ТС на автомобильные дороги;
- разрабатываются конструкторские решения мобильных устройств контроля перевозок КТГ и определения размера вреда АД;
- изготавливаются физические модели устройств контроля весовых параметров ТС для экспериментальной проверки эффективности снижения воздействия на АД при их движении в составе транспортных потоков;
- разрабатываются алгоритмы для реализации расчетных методик управления составом автопарка, перевозками на маршруте, движением городского автотранспорта на ПЭВМ;
- обосновывается технико-экономическая целесообразность внедрения технологии активного воздействия на перевозки КТГ автотранспортных потоков на примере Санкт-Петербурга и прилегающих территорий.

В процессе экспериментальных работ решается ряд частных задач: исследование интенсивности движения и состава городских автотранспортных потоков; исследование дорожного полотна на участках городской УДС; разработка расчетных выражений для оценки вреда АД; разработка физических моделей устройств и исследования процессов весогабаритного контроля, определение эффективности перевозок КТГ, технологических характеристик перевозок в транспортном потоке, интегрирование методики в управлении дорожным движением и перевозок КТГ.

3.2. Разработка методик исследований и планирование экспериментов

Для аналитического исследования неблагоприятного влияния транспортных потоков на УДС были разработаны математические модели. Для этого были использованы теория планирования активных и пассивных экспериментов, априорное ранжирование факторов, согласно которым математические модели представлены в виде функций отклика. На примере исследования характеристик транспортных потоков: состава, интенсивности, задержек, режимов движения функции отклика будут следующие:

$$Y_1 = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, \dots, X_n);$$

$$Y_2 = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, \dots, X_n);$$

$$Y_3 = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, \dots, X_n);$$

$$Y_4 = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, \dots, X_n);$$

где Y_1 – состав транспортного потока, Y_2 – интенсивность транспортного потока, Y_3 – задержки, Y_4 – режим движения представлены функциями многофакторных процессов, значения которых зависят от n -го числа параметров, в частности, которыми могут быть приняты: X_1 – сезон года, X_2 – время суток, X_3 – привлекательность для целей перевозок КТГ, X_4 – пропускная возможность дороги, X_5 – регулирование дорожного движения и т. п., количество и наименование которых зависит от целей исследований.

Принимая во внимание, что изменение вышеуказанных факторов не зависит от экспериментатора, исследование характеристик транспортных потоков было выполнено пассивными методами. В этом случае математические модели характеристик транспортных потоков: состава, интенсивности, задержек, режимов движения будут иметь вид $Y_i = f(X_2)$, где X_2 – время суток.

Объем измерений факторов для выбранного интервала времени определяется по формуле, рекомендуемой в РД 50-690-89 «МУ. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным»:

$$t_q(n-1)/n^{0,5} = \varepsilon/\nu, \quad (3.1)$$

где t_q – квантиль распределения Стьюдента с числом степеней свободы n , соответствующая доверительной вероятности q ;

n – количество интервалов времени при измерении суточной интенсивности. С целью исключения систематических ошибок, вызванных внешними условиями, дни недели и их количество рекомендуется рандомизировать по таблице случайных чисел количество и дней ;

ε – предельная относительная ошибка оценки показателей измеряемой величины;

ν – коэффициент вариации.

Учитывая, что исследуемые параметры транспортных потоков зависят от большого числа факторов, в качестве закона их распределения, как случайных величин, может быть принят нормальный закон. В этом случае при максимальном коэффициенте вариации нормального закона $\nu = 0,30$ количество измерений с точностью $\varepsilon = 0,10$ для двусторонней доверительной вероятности $q = 80$ и 90 %, составят, соответственно, 16 и 26.

Оценка средних значений характеристик транспортного потока $Y_{i, \text{cp}}$ по интервалам времени их нижняя $Y_{i, \text{н}}$ и верхняя $Y_{i, \text{в}}$ интервальные границы определяется выражениями

$$Y_{i, \text{cp}} = \Sigma Y_i / (n - 1); \quad (3.2)$$

$$Y_{i, \text{в, н}} = Y_{i, \text{cp}} \pm t_{80, 90}(n - 1)\sigma/n^{0,5}, \quad (3.3)$$

где Y_i – измеренные значения параметров транспортных потоков;

$t_{80, 90}$ – квантили распределения Стьюдента: 1,75 при $n = 16$ и 1,71 при $n = 26$.

Экспериментально полученные данные проверялись на принадлежность одной генеральной совокупности случайных величин (т. е. на наличие грубых ошибок) и на то, что их распределение в выборках не противоречит нормальному закону, соответственно, по критериям Стьюдента и χ^2 при уровне значимости $\alpha = 0,05 - 0,1$.

Однако, известно, что пассивные эксперименты обладают недостатками. Учитывая, что факторы исследуется в произвольном порядке, процедура вычисления их коэффициентов уже для двух – и трехфакторной модели сложна. К тому же, отсутствие симметричности уровней факторов, полученных из различных исследований, затрудняет проверку воспроизводимости, статистическую оценку значимости коэффициентов и проверку математической модели на адекватность.

При активных экспериментах стратегия исследований планируется. Это позволяет минимизировать общее число опытов, одновременно варьировать всеми первичными факторами, использовать формализующий математический аппарат, принимать обоснованные решения после каждой серии опытов.

Получение наиболее полной информации о влиянии нескольких параметров на функции отклика при проведении активного эксперимента осуществляется измерением факторов в заданных интервалах варьирования. После назначения уровней факторов и интервалов их варьирования разрабатывается план проведения эксперимента, который зависит от числа уровней и количества факторов.

Как было показано в предыдущих главах, неблагоприятное воздействие автотранспорта на участки УДС проявляется размером вреда. В общем виде математическая модель, которая описывает рассматриваемый предмет исследования, выражается уравнением регрессии

$$\bar{Y}_n = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n, Z_1, Z_2, \dots, Z_m, W), \quad (3.4)$$

где X_1, X_2, \dots, X_n – факторы;

Z_1, Z_2, \dots, Z_m, W – ограничения (величины, управление которыми не предусмотрено в исследовании), и величины, управление которыми невозможно в рамках исследования.

Число точек плана N при ортогональном планировании определяется по формуле $N = k^n$, где k – число уровней для каждого из факторов; n – число факторов. Для 2-х факторного эксперимента общий вид функции отклика второго порядка будет следующим:

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_1^2 + a_4X_1X_2 + a_5X_2^2, \quad (3.5)$$

где Y – натуральный логарифм концентраций монооксида углерода. Для определения такой поверхности факторы X_1 и X_2 должны варьироваться не менее, чем на 3-х уровнях. При $n = 2$ на трех уровнях число опытов $N = 3^2 = 9$. При четырехкратном повторении опытов в каждой точке общее количество измерений размера вреда составляет 36. Уровни и интервалы варьирования факторов влияния в натуральных значениях приведены в табл. 3.1. Матрица планирования в кодированных значениях уровней факторов приведена в табл.3.2

Таблица 3.1

Фактор расстояния	Уровни факторов, м			Интервал варьирования
	Нижний (-1)	Средний (0)	Верхний (+1)	
По длине (x_1)	0	2,5	5	2,5
По высоте (x_2)	0,5	2,25	4,0	1,75

Таблица.3.2

№ серии опытов	№ реализации опыта	X_0	X_1	X_2	X_1^2	$X_1 X_2$	X_2^2	Значение функции отклика
1	1.1	+	-	-	+	+	+	Y_1
	1.2							
	1.3							
	1.4							
2	2.1	+	+	-	-	-	+	Y_2
	2.2							
	2.3							
	2.4							
...	...	+
...								
...								
...								
9	9.1	+	-	-	+	+	+	Y_9
	9.2							
	9.3							
	9.4							
a_i		a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	Y

Коэффициенты a_i являются коэффициентами влияния или мерой нелинейного взаимодействия, которые определяются как частные производные

функций отклика по соответствующим факторам, и указывают влияние факторов на входные параметры. Чем больше коэффициент, тем сильнее влияние фактора.

После проведения измерений проводим регрессионный анализ на ЭВМ по стандартной программе:

- выполняем проверку на отсев грубых погрешностей y_{r+1} с применением критерия Стьюдента $t_T(\alpha; f)$. Результат $(r+1)$ -го опыта отбрасывается, если $t_T(\alpha; f) < t_0$, где $t_0 = (|y_{r+1} - y_{cp}|) / S\{y\} \cdot y_{r+1}$;

- воспроизводимость процессов, описываемых математическими моделями, проверяем оценкой однородности дисперсий с помощью критерия Кохрена: $G_{оп} = (S^2_{i_{max}}) / \Sigma S^2_i \leq G_T(0; 0,5; f_n; f_i)$;

- для проверки адекватности математической модели используем критерий Фишера-Снедекора: $F_\phi = S^2_{ад} / S^2_y \leq F_\phi(0; 0,5; f_{ад}; f_y)$.

- методом наименьших квадратов вычисляем коэффициенты регрессии и определяем их значимость по критерию Стьюдента $t_T(\alpha; f)$.

Разработанные автором с учетом требований нормативно-технической документации РД 50-204-87, ГОСТ 27.502-83 частные методики проведения сбора информации о составе, интенсивности и задержках транспортных потоков, режимах движения автотранспортных средств по категориям, профессиональных качеств водителя приведены в работах. Их краткое содержание даётся в данной главе перед изложением соответствующих результатов исследований.

Специальная методика проведения активных экспериментальных исследований факторов, включая определение объёма исследований, обработку результатов исследования и оценку достоверности полученных экспериментальных данных, приводится ниже. Учитывая, что максимальная интенсивность движения автотранспорта приходится на теплое время года, экспериментальные исследования на УДС планировались и проводились при неблагоприятных метеорологических условиях, в основном, в мае – июле, реже в сентябре.

3.3. Исследование влияния размера возмещения вреда дорогам регионального значения на эффективность перевозок КТГ на основе метода экспертной оценки

Методы экспертных оценок являются частью обширной области теории принятия решений, а само экспертное оценивание — процедура получения оценки проблемы на основе мнения специалистов (экспертов) с целью последующего принятия решения (выбора) [48].

В случаях чрезвычайной сложности проблемы, ее новизны, недостаточности имеющейся информации, невозможности математической формализации процесса решения приходится обращаться к рекомендациям компетентных специалистов, прекрасно знающих проблему, — к экспертам. Их решение задачи, аргументация, формирование количественных оценок, обработка последних формальными методами получили название метода экспертных оценок.

Существует две группы экспертных оценок:

- Индивидуальные оценки основаны на использовании мнения отдельных экспертов, независимых друг от друга.
- Коллективные оценки основаны на использовании коллективного мнения экспертов.

Способы измерения объектов:

1. Ранжирование – это расположение объектов в порядке возрастания или убывания какого-либо присущего им свойства. Ранжирование позволяет выбрать из исследуемой совокупности факторов наиболее существенный.

2. Парное сравнение — это установление предпочтения объектов при сравнении всех возможных пар.

3. Непосредственная оценка.

Для анализа был выбран метод ранжированных показателей.

Метод ранжирования заключается в том, что каждого эксперта просят расположить признаки в порядке предпочтения.

Таблица 3.3 – Матрица опроса

	1	2	...	j	...	M
1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1m}
2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2m}
...
i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{im}
...
n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nj}	...	a_{nm}

Где:

a_{ij} – оценка признака экспертом

n – количество признаков

m – количество экспертов

При обработке матриц опроса переходят к преобразованным рангам по формуле:

$$S_{ij} = a_{max} - a_{ij} \quad (3.6)$$

При этом матрица опроса преобразуется в матрицу преобразованных рангов, для каждого столбца которой определяется сумма.

Таблица 3.4 – Матрица преобразованных рангов

	1	2	...	j	...	m
1	S_{11}	S_{12}	...	S_{1j}	...	S_{1m}
2	S_{21}	S_{22}	...	S_{2j}	...	S_{2m}
...
i	S_{i1}	S_{i2}	...	S_{ij}	...	S_{im}
...
n	S_{n1}	S_{n2}	...	S_{nj}	...	S_{nm}
Сумма	R_1	R_2	...	R_j	...	R_m

По данным определяется относительный вес каждого фактора по всем экспертам:

Значения весовых коэффициентов в таком случае рассчитывается по формуле:

$$g_i = \frac{\sum_{i=1}^m S_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m S_{ij}} \quad (3.7)$$

Фактор, который имеет самый большой относительный вес, получает наивысший ранг.

При анализе оценок, полученных от экспертов, часто возникает необходимость выявить конкордацию - согласованность их мнений по нескольким факторам. Для этого используют коэффициент конкордации, который является критерием согласованности мнений экспертов в рассматриваемой группе. Коэффициент конкордации Кендалла определяется по формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} \quad (3.8)$$

где

m - число экспертов в группе,

n - число факторов,

S - сумма квадратов разностей рангов (отклонений от среднего).

Сумма квадратов разностей рангов вычисляется по следующей формуле:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m S_{ij} \right)^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{ij} \right)^2}{n} \quad (3.9)$$

Если $W < 0.2 - 0.4$, значит слабая согласованность экспертов, если $W > 0.5 - 0.8$, то согласованность экспертов сильная.

Первым этапом данного исследования является составление анкеты, в которой представлены вопросы, направленные на оценку факторов и методик по

возмещению размера вреда дорогам. Пример анкеты представлен в приложении Ж.

В данном опросе оценивались следующие критерия, по которым можно оценить методику размер возмещения вреда:

- Влияние на окончательную стоимость перевозки ТГ
- Влияние на время расчета размера вреда
- Простота
- Понятность
- Размер вреда отражает действительную нагрузку на дорогу
- Методика по определению размера вреда учитывает все необходимые факторы

Так же оценивались следующие факторы, которые должна включать в себя методика расчета размера вреда дорогам:

- Относительная стоимость выполнения работ по капитальному ремонту.
- Превышении значения предельно допустимой массы ТС.
- Превышении значений предельно допустимых осевых нагрузок на каждую ось ТС.
- Количество осей ТС, по которым имеется превышение предельно допустимых осевых нагрузок
- Протяженность участка автомобильной дороги
- Условия дорожно-климатических зон
- Природно-климатические условия
- Нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги

В анкете несколько вопросов направлены на анализ действующей и предыдущей методики.

При анализе факторов и критериев, экспертам необходимо было расставить цифры с 1 - n в порядке приоритетности данного критерия (фактора); 1 - максимальное значение, n – минимальное значение; значения не должны повторяться. Где n – количество, оцениваемых критериев (факторов).

При сравнении двух методик специалисты должны были дать ответ да или нет.

Следующим этапом является опрос специалистов, которые связаны с расчетом размера вреда дорогам при перевозках ТГ. В данном исследовании было опрошено 8 специалистов, участвующих в перевозочном процессе, 1 госслужащий и 1 человек, занимающийся научной деятельностью.

Третий этап – обработка ответов, представление их в единые таблицы 3.5 - 3.7.

Таблица 3.5 – Результаты опроса по выбору критерия

Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Критерии										
1.Влияние на окончательную стоимость перевозки ТГ	1	1	1	6	1	1	2	1	1	1
2.Влияние на время расчета размера вреда.	5	3	5	5	3	6	6	5	4	4
3.Простота	3	4	2	4	4	2	3	3	2	2
4.Понятность.	4	2	3	3	5	4	5	4	5	3
5.Размер вреда отражает действительную нагрузку на дорогу	2	5	4	1	2	3	1	2	3	5
6.Методика по определению размера вреда учитывает все необходимые факторы.	6	6	6	2	6	5	4	6	6	6

Таблица 3.6 – Матрица преобразованных рангов

Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Сумма	Весовой коэффициент	Ранг
Критерии													
1.Влияние на окончательную стоимость перевозки ТГ	5	5	5	0	5	5	4	5	5	5	44	0,29	1
2.Влияние на время расчета размера вреда.	1	3	1	1	3	0	0	1	2	2	14	0,09	5
3.Простота	3	2	4	2	2	4	3	3	4	4	31	0,207	3
4.Понятность.	2	4	3	3	1	2	1	2	1	3	22	0,15	4
5.Размер вреда отражает	4	1	2	5	4	3	5	4	3	1	32	0,213	2

действительную нагрузку на дорогу														
6.Методика по определению размера вреда учитывает все необходимые факторы.	0	0	0	4	0	1	2	0	0	0	7	0,05	6	

Таким образом наиболее важным критерием при выборе методики возмещения вреда, по мнению специалистов, является «влияние на окончательную стоимость перевозки ТГ». Данный критерий 80 % экспертов поставили на первое место. Данный фактор обладает самым высоким весовым коэффициентом 0,29.

По результатам экспертной оценки второе место по важности критерия занимает «размер вреда отражает действительную нагрузку на дорогу».

Третье место – «простота».

Четвертое – «понятность».

Пятое – «влияние на время расчета размера вреда».

Шестое – «методика по определению размера вреда учитывает все необходимые факторы».

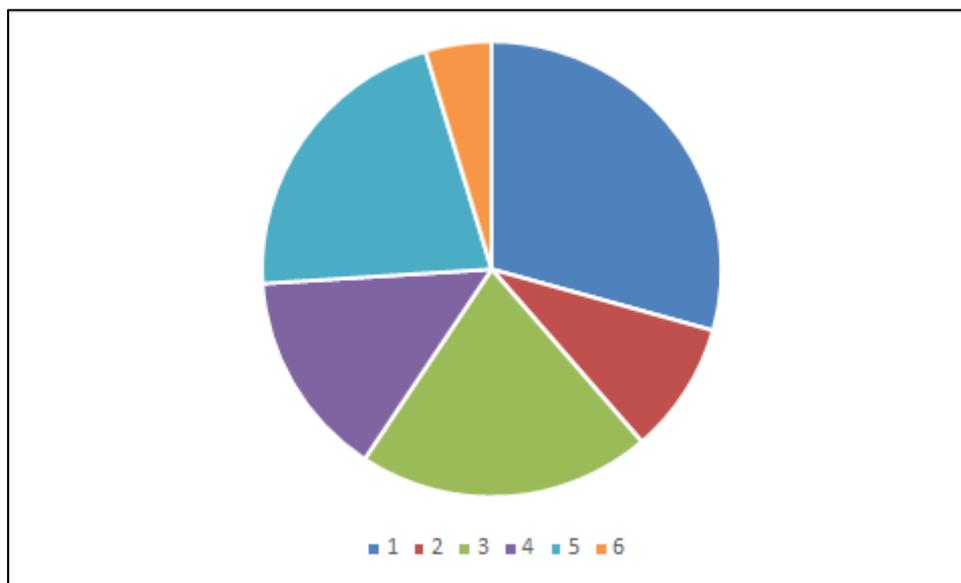


Рисунок 3.1 – Круговая диаграмма весовых коэффициентов

Чтобы определить уровень согласованности экспертов, необходимо посчитать коэффициент конкордацию Кендалла. Для этого добавим в таблицу 3.7 столбец квадрат суммы.

Таблица 3.7 – Матрица преобразованных рангов

Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Сумма	Квадрат суммы
Критерии												
1.Влияние на окончательную стоимость перевозки ТГ	5	5	5	0	5	5	4	5	5	5	44	1936
2.Влияние на время расчета размера вреда.	1	3	1	1	3	0	0	1	2	2	14	196
3.Простота	3	2	4	2	2	4	3	3	4	4	31	961
4.Понятность.	2	4	3	3	1	2	1	2	1	3	22	484
5.Размер вреда отражает действительную нагрузку на дорогу	4	1	2	5	4	3	5	4	3	1	32	1024
6.Методика по определению размера вреда учитывает все необходимые факторы.	0	0	0	4	0	1	2	0	0	0	7	49

Сумма квадратов разностей вычисляется по формуле (3.9) и принимает следующий вид:

$$S = 4650 - \frac{150^2}{6} = 900$$

Теперь считаем сам коэффициент конкордации Кендалла по формуле (3.8):

$$W = \frac{12 * 900}{10^2(6^3 - 6)} = 0,51$$

В данном исследовании $W > 0.5$, то есть согласованность экспертов сильная. Это значит, что мнению экспертов можно доверять.

В анкете представленной в приложении Ж, эксперты выражали свое мнение по поводу факторов, которые должны включать в себя методики. Экспертной группе необходимо было расставить баллы от 1-6 в порядке возрастания, где 1 – самый важный фактор. Так же цифры не должны были повторяться.

Результаты опроса представлены в итоговой таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Результаты опроса по факторам

Эксперты Факторы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.Относительная стоимость выполнения работ по капитальному ремонту.	5	5	8	5	7	5	7	8	8	5
2.Превышении значения предельно допустимой массы ТС.	8	8	7	8	8	8	8	2	3	8
3.Превышении значений предельно допустимых осевых нагрузок на каждую ось ТС.	4	4	4	1	5	4	1	3	2	4
4.Количество осей ТС, по которым имеется превышение предельно допустимых осевых нагрузок	3	3	2	4	4	3	4	4	6	3
5.Протяженность участка автомобильной дороги	2	2	3	2	3	2	3	5	4	1
6.Условия дорожно-климатических зон	6	6	5	7	6	6	6	6	7	6
7.Природно-климатические условия	7	7	6	6	2	7	6	7	5	7
8.Нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги	1	1	1	3	1	1	2	1	1	2

Таблица 3.9 – Матрица преобразованных рангов

Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Сумма	Весовой коэффициент	Ранг
Факторы													
1.Относительная стоимость выполнения работ по капитальному ремонту.	3	3	0	3	1	3	1	0	0	3	17	0,061	7
2.Превышении значения предельно допустимой массы ТС.	0	0	1	0	0	0	0	6	5	0	12	0,04	8
3.Превышении значений предельно допустимых осевых нагрузок на каждую ось ТС.	4	4	4	7	3	4	7	5	6	4	48	0,17	3
4.Количество осей ТС, по которым имеется превышение предельно допустимых осевых нагрузок	5	5	6	4	4	5	4	4	2	5	44	0,15	4
5.Протяженность участка автомобильной дороги	6	6	5	6	5	6	5	3	4	7	53	0,19	2
6.Условия дорожно-климатических зон	2	2	3	1	2	2	2	2	1	2	19	0,068	6
7.Природно-климатические условия	1	1	2	2	6	1	2	1	3	1	20	0,07	5
8.Нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги	7	7	7	5	7	7	6	7	7	6	66	0,23	1

Из таблицы 3.9 видно, что наиболее предпочтительный фактор - нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги, 40% специалистов поставили данный критерий на первое место.

Второе место - протяженность участка автомобильной дороги.

Третье - превышении значений предельно допустимых осевых нагрузок на каждую ось ТС.

Третье - протяженность участка автомобильной дороги.

Четвертое – количество осей ТС, по которым имеется превышение предельно допустимых осевых нагрузок.

Пятое – природно-климатические условия.

Шестое – условия дорожно-климатических зон.

Седьмое – относительная стоимость выполнения работ по капитальному ремонту.

Восьмое – превышении значения предельно допустимой массы ТС.

Данная градация представлена на рисунке 3.2.

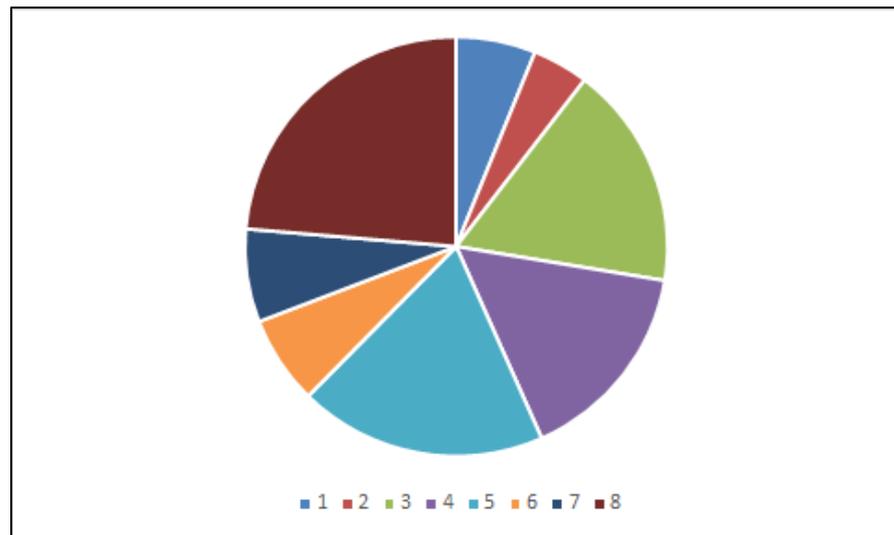


Рисунок 3.2 – Весовые коэффициенты факторов

Для определения коэффициент конкордацию Кендалла по формуле (3.8). Необходимо добавить в таблицу 3.10 столбец квадрат суммы.

Таблица 3.10 – Матрица для расчета коэффициента конкордации Кендалла

Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Сумма	Квадрат Суммы
Факторы												
1.Относительная стоимость выполнения работ по капитальному ремонту.	3	3	0	3	1	3	1	0	0	3	17	289

2.Превышении значения предельно допустимой массы ТС.	0	0	1	0	0	0	0	6	5	0	12	144
3.Превышении значений предельно допустимых осевых нагрузок на каждую ось ТС.	4	4	4	7	3	4	7	5	6	4	48	2304
4.Количество осей ТС, по которым имеется превышение предельно допустимых осевых нагрузок	5	5	6	4	4	5	4	4	2	5	44	1936
5.Протяженность участка автомобильной дороги	6	6	5	6	5	6	5	3	4	7	53	2809
6.Условия дорожно-климатических зон	2	2	3	1	2	2	2	2	1	2	19	361
7.Природно-климатические условия	1	1	2	2	6	1	2	1	3	1	20	400
8.Нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги	7	7	7	5	7	7	6	7	7	6	66	4356

Сумма квадратов разностей вычисляется по формуле (3.9) и принимает следующий вид:

$$S = 12597 - \frac{280^2}{8} = 2867$$

Теперь считаем сам коэффициент конкордации Кендалла по формуле (3.8):

$$W = \frac{12 * 2867}{10^2(8^3 - 8)} = 0,68$$

В данном исследовании $W = 0,68$, то есть согласованность экспертов сильная. Это значит, что результаты анализа метода экспертных оценок правдоподобны и реалистичны.

По книге «Методы математической обработки в психологии» [48] критерий Пирсона применяют для проверки гипотезы о соответствии эмпирического распределения предполагаемому теоретическому распределению F_x при большом объеме выборки ($n \geq 30$).

Критерий применим для любых видов функции F_x . В этом заключается его универсальность. Использование критерия Пирсона предусматривает разбиение размаха варьирования выборки на интервалы и определения числа наблюдений для каждого из интервалов. Для удобства оценок параметров распределения интервалы выбирают одинаковой длины. Число интервалов зависит от объема выборки.

Критерий Пирсона рассчитывается по формуле 2.10:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_{\text{Э}} - f_{\text{Т}})^2}{f_{\text{Т}}}, \quad (3.10)$$

, где

$f_{\text{Э}}$ – эмпирическая частота в i -й группе;

$f_{\text{Т}}$ – теоретическая частота в i -й группе;

k - количество разрядов признака.

Для того, чтобы установить критические значения, необходимо определить число степеней свободы

Число степеней свободы рассчитывается по формуле 3.11:

$$\nu = k - 1, \quad (3.11)$$

Производится расчет по формуле 3.11:

$$\nu = 8 - 1 = 7$$

В таблице 3.11 представлены критические значения критерия Пирсона со степенью свободы $\nu = 7$. Для $\nu = 7$, необходимо взять интервал [14,067; 18,475]

Таблица 3.11 – Критические значения критерия Пирсона со степенью свободы $\nu = 7$

ν	P	
	0,05	0,01
7	14,067	18,475

Для оценки существенности расчетное значение ($x^2_{\text{расч}}$) сравнивается с табличным ($x^2_{\text{табл}}$).

Если $x^2_{\text{расч}} > x^2_{\text{табл}}$, то при заданном уровне значимости и числе степеней свободы гипотеза о несущественности (случайности) расхождений отклоняется. Если $x^2_{\text{расч}} \leq x^2_{\text{табл}}$ – эмпирический ряд хорошо согласуется с гипотезой о предполагаемом распределении и можно утверждать, что расхождение между теоретическими и эмпирическими частотами случайно.

Далее будут произведены расчеты критерия Пирсона для факторов, влияющих на размер возмещения вреда дорогам, данные для расчетов взяты из таблицы 3.11.

Далее производится расчет:

- 1) теоретической частоты (f_T);
- 2) разности между эмпирической и теоретической частотой по каждому разряду ($f_{\text{Э}} - f_T$);
- 4) возведение в квадрат разности между эмпирической и теоретической частотой по каждому разряду $(f_{\text{Э}} - f_T)^2$;
- 5) Разделить полученные квадраты разностей на теоретическую частоту и записать результаты в пятый столбец.;
- 6) суммы $x^2_{\text{ЭМП}}$.

Различия между двумя распределениями могут считаться достоверными, если $x^2_{\text{ЭМП}}$ достигает или превышает $x^2_{0,05}$, и тем более достоверным, если $x^2_{\text{ЭМП}}$

При сравнении двух методик 100 % экспертов считают, что предыдущая реалистичнее оценивает размер ущерба вреда дорогам регионального значения. Таким образом гипотеза о среднем значении доказана, так как оптимальной методикой по данной гипотезе оказалась предыдущая методика.

Так же при анкетировании оценивалась простота, понятность, методик.

Единогласно все эксперты ответили, что предыдущая методика является наиболее простой и понятной в использовании является предыдущая методика.

В итоге можно сделать вывод, что предыдущая методика адекватно оценивает размер вреда. Однако она не учитывает нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги. Этот фактор по результатам экспертной оценки и регрессионного анализа является главным, который должна учитывать методика.

Так же при расчете размера вреда, специалисты ставят акцент на размер возмещения по осям, количество осей, а также природно-климатические условия.

Еще одной задачей проведения опроса является определение актуальности темы данной диссертационной работы.

На вопрос: Как вы считаете, существует ли алгоритм оценки методик размера возмещения вреда дорогам? Все специалисты дали отрицательный ответ. То есть тематика представленной работы на 100% актуальна.

При анкетировании был задан вопрос: Затрудняет ли процесс перевозки ТГ разрозненность методик расчета размера вреда дорогам регионального значения? Эксперты считают, что действительно разрозненность методик усложняет логистический процесс.

Вывод. В результате анализа с помощью метода экспертной оценки, были сделаны следующие выводы:

1) Наиболее важным критерием оценки методик является влияние на окончательную стоимость перевозки ТГ.

2) Было определено, что проблема разрозненности методик расчета размера вреда дорогам регионального значения, действительно волнует перевозчиков ТГ.

3) Благодаря методу экспертной оценки, установлено, что тематика данного исследования актуальна.

4) Наиболее важным фактором, который должна включать в себя методика расчета размера вреда дорогам, является нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги.

5) Доказана гипотеза о среднем значении. Значит результат статистического анализа достоверен.

6) При использовании метода Пирсона и метода экспертных оценок было доказано, что факторы, влияющие на размер вреда, имеют линейную зависимость вида:

$$Y = 189X_1 + 296X_2 + 2087X_3 + 3977X_4 - 6015X_5 + 45X_6 + 0,06X_7 + 5X_8 - 9950$$

7) В данном исследовании был произведен расчет коэффициента конкордации Кендалла, который показал, что согласованность экспертов сильная. Это значит, что мнению специалистов можно доверять.

3.4. Экспериментальные исследования по оценке степени износа дорожного полотна в зависимости от величины превышения значения предельно допустимой массы транспортного средства и превышения значений предельно допустимых осевых нагрузок

Технический уровень и эксплуатационное состояние автомобильных дорог в значительной степени определяется принятыми при проектировании расчетными нагрузками. Превышение допустимых осевых нагрузок автомобилей и автопоездов приводит к резкому ухудшению состояния автомобильных дорог в процессе эксплуатации, преждевременному ремонту дорожных одежд и покрытий, что, в свою очередь, влияет на стоимость специального разрешения и перевозки в целом.

Коэффициент прочности дорожной одежды:

$$K_{пр} = 113,5 / 32,7.$$

$$K_{пр} = 3,47$$

Рассчитанному коэффициенту прочности соответствуют максимально допустимые осевые нагрузки автотранспортных средств согласно таблице 3.13 ОДМ 218.6.002-2010:

Таблица 3.13

Допустимая нагрузка на каждую ось каждого транспортного средства при:		
одиночной оси (тс)	двухосной тележке (тс)	трехосной тележке (тс)
12	10	9

Результаты штамповых испытаний на автомобильных дорогах в Санкт-Петербурге по определению модуля упругости и значения несущей способности в зависимости от расчетного модуля упругости приведены в Приложениях 1, 2.

Воздействие колес автомобиля на поверхность дорожной одежды вызывает напряжения и деформации, вследствие чего происходит постепенное разрушение и изнашивание. В зависимости от величины нагрузки, повторяемости и продолжительности ее действия может наступить предельное состояние дорожной одежды, при котором нарушается монолитность. Накопление деформаций происходит интенсивней в наиболее слабых слоях дорожной одежды и в грунтовом основании. В значительной степени прочность нежестких одежд зависит от влажности грунта основания. Вертикальные нагрузки на нежесткие одежды вызывают просадки, колеи, проломы, пластические деформации. Просадки образуются вследствие переувлажнения грунта основания весной, что приводит к потере его несущей способности, или в результате недостаточного уплотнения материала одежды. Просадки могут быть вызваны проездом тяжелых автомобилей, на которые дорожная одежда не рассчитана.

Действие вертикальных сил на жесткую одежду вызывает изгиб плиты, под которой находится грунтовое основание. При этом возникают упругие

деформации. Если в плите возникают предельные напряжения для цементобетона на изгиб, превосходящие допустимые, то на покрытии появляются трещины и возможно его разрушение. При воздействии большой вертикальной нагрузки через плиту на грунт основания и недостаточной его несущей способности от переувлажнения может произойти просадка основания, а вместе с этим просадка плиты и изменение профиля покрытия.

Замеры модуля упругости по 15ти исследуемым улицам проводились согласно Методике оценки прочности дорожных одежд установкой для статических штамповых испытаний

При испытании дорожных конструкций автомобилем, модуль упругости определяют по формуле

$$E_A = 0.36 \frac{Q_k}{l}, \quad (2.55)$$

где E_A – модуль упругости дорожной конструкции при воздействии расчетной нагрузки, МПа;

Q_k – нагрузка на колесо используемого автомобиля, кН;

l – величина измеренного обратимого прогиба, см.

При проведении испытания следует руководствоваться величиной осадки штампа и усилием на него приходящимся. Во время испытания производится два цикла нагрузка-разгрузка.

Испытание проводится по следующей схеме:

- штамп нагружается до давления 0,5 МПа или до осадки в 5 мм, фиксируется показание микрометра и начинается разгрузка.

Далее необходимо разгрузить штамп до давления 0,25 МПа и зафиксировать показание микрометра; разгрузить штамп до давления 0,12 МПа и зафиксировать показание микрометра. Разгрузить штамп до давления 0,02 МПа и зафиксировать показание микрометра. Аналогично проводится второй цикл нагрузки-разгрузки, и при достижении граничных условий испытания заканчиваются. Фиксация осадки на всех степенях нагрузки-разгрузки выполняется при достижении скорости изменения осадки не более 0,03 мм/мин.

Модули упругости при первичном и вторичном нагружениях определяются численно, исходя из наклона линии нагружения. По результатам испытания строится график зависимости осадки от нагрузки для обоих циклов нагрузка-разгрузка. Для определения модуля упругости в каждом цикле испытания выбирают наиболее характерную прямую, фиксируют максимальное и минимальное значения деформации и давления, вычисляют разницу деформаций (ΔS) в рассматриваемом диапазоне ($\Delta\sigma$) и модуль упругости по формуле:

$$E = 0,785 \cdot d \cdot \frac{\Delta\sigma \cdot (1 - \mu^2)}{\Delta S}, \quad (2.56)$$

где E – модуль упругости, МПа; d – диаметр штампа, мм; $\Delta\sigma$ – разница в давлениях, при которых достигнута деформация (упругий прогиб) ΔS , МПа; ΔS – деформация (упругий прогиб) – разница осадок штампа при различных давлениях диапазона $\Delta\sigma$, мм; μ – коэффициент Пуассона (0,3).

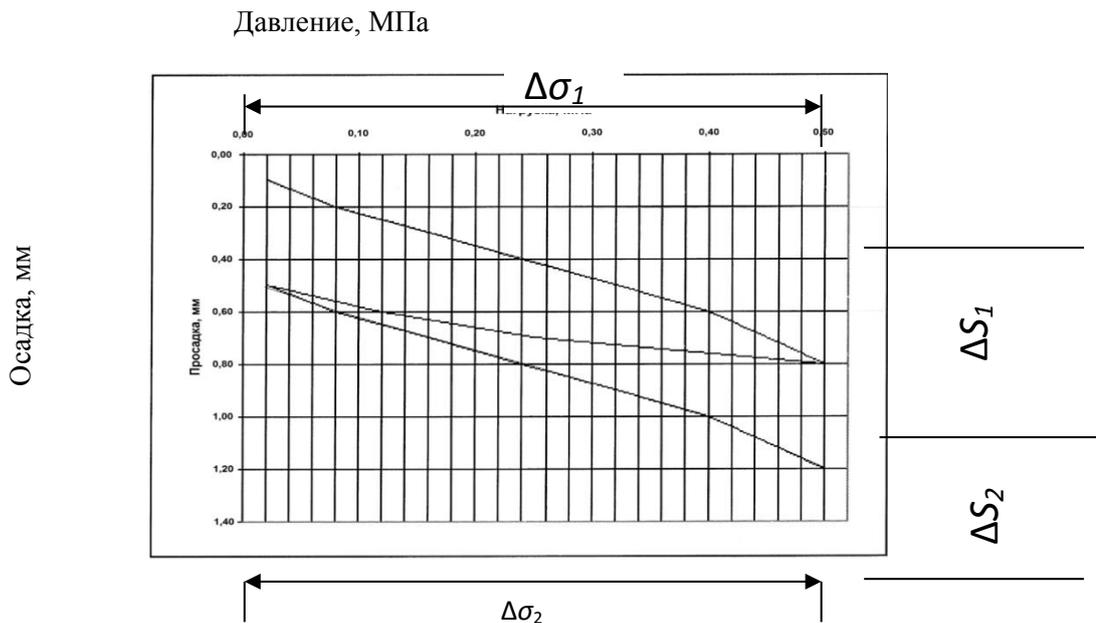


Рис. 3.4 – Результаты экспериментальных испытаний



Рисунок 3.5 – Экспериментальные испытания

На основе проведенных испытаний был проведен расчет допустимых осевых нагрузок автотранспортных средств.

Определение допустимых осевых нагрузок автотранспортных средств автомобильных дорог – Пулковское шоссе, Московское шоссе, Выборгское шоссе и Двинская ул. выполнен на основании результатов проведенных штамповых испытаний. Коэффициенты прочности, определенные по полученным в результате диагностики фактическим модулям упругости действуют на текущий межремонтный срок.

Расчет выполнен в соответствии с требованиями и рекомендациями следующих документов:

- СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги»;
- ОДН 218.1.052-2002. Оценка прочности и расчет усиления нежестких дорожных одежд. (Взамен ВСН 52-89) / Росавтодор Министерства транспорта РФ, - М.: Информавтодор, 2002;
- ОДН 218.0.006-2002 "Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог" (Взамен ВСН 6-90) / Росавтодор. М.: Информавтодор, 2002;
- Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд»;

- Межремонтные сроки проведения капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог федерального значения. Приложение 3 к приказу Минтранса России от 01.11.2007 № 157.

Допустимые осевые нагрузки автотранспортных средств на исследуемую конструкцию дорожной одежды назначается в зависимости от фактического коэффициента прочности (K_{np}^{ϕ}) по табл. 4.1. ОДМ 218.6.002-2010 «Методические рекомендации по определению допустимых осевых нагрузок автотранспортных средств в весенний период на основании результатов диагностики автомобильных дорог общего пользования федерального значения».

$$K_{np}^{\phi} = E_{\phi} / E_{mp} \quad (2.57)$$

Величина требуемого модуля упругости согласно ОДН 218.1.052-2002 находится по формуле:

$$E_{mp} = E_{min} \cdot K_{np} \cdot K_{рег} \cdot K_z \cdot K_{cu} \cdot 1/X_j \quad (2.58)$$

где E_{min} – минимально допустимый модуль упругости дорожной одежды;

K_{np} – коэффициент относительной прочности дорожной одежды (принимается по таблице 2, прил. 6, ОДН 218.1.052-2002)

$K_{рег}$ – региональный коэффициент (принимается $K_{рег} = 1$ для I-IV ДКЗ)

K_z – расчетный коэффициент, зависящий от фактической интенсивности дорожного движения (принимается по таблице 4, прил. 6, ОДН 218.1.052-2002)

K_{cu} – коэффициент, учитывающий сопротивление конструктивных слоев дорожных одежд сдвигу и изгибу (принимается по таблице 3 прил. 6 ОДН 218.1.052-2002)

X_j – параметр, зависящий от допускаемой вероятности повреждения покрытий (определяется по таблице 1 прил. 6 ОДН 218.1.052-2002)

Фактическая величина приведенной суточной интенсивности согласно ОДН 218.046-01 определяется по формуле:

$$N_p = f_{пол} \cdot (N_1 S_{мсу\text{м}1} + N_2 S_{мсу\text{м}2} + \dots + N_i S_{мсу\text{м}i}) \quad (2.59)$$

где $f_{пол}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним (определяется по [таблице 3.2](#) ОДН 218.046-01);

N_i – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств i -ой марки;

$S_{\text{мсум}i}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства i -й марки к расчетной нагрузке $Q_{\text{расч}}$, определяемый в соответствии с табл. П1.3 [Приложения](#) 1 ОДН 218.046-01.

$$N_p = 1 \cdot (20 \cdot 1,5 + 20 \cdot 0,005) = 30,1 \text{ авт/сут};$$

Фактической интенсивности движения до 30,1 авт/сут соответствует $K_z = 0,5$

$K_{\text{пр}} = 0,9$ – для облегченных дорожных одежд;

Согласно примечанию 1 к таблице 3 ОДН 218.1.052-2002, конструкции дорожной одежды с толщиной асфальтобетонного покрытия менее 10 см и основанием из щебня соответствует код характеристик конструктивных слоев: 3.

Согласно примечанию 2 к таблице 3 ОДН 218.1.052-2002, суглинка легкому и тяжелому соответствует код грунта земляного полотна: В.

Согласно табл. 3 ОДН 218.1.052-2002 для II ДКЗ при приведенной фактической суточной интенсивности дорожного движения от 100 до 250 авт/сут., найденным кодовым характеристикам соответствует $K_{\text{си}} = 1,44$.

$$E_{\text{min}} = A + B \left[\lg \left(\gamma \times \omega \times N_1 \times \frac{q^{t_i-1}}{q-1} \right) - 1 \right] \quad (2.60)$$

где A и B – эмпирические коэффициенты, принимаемые для расчетной нагрузки: $A = 125$ МПа, $B = 68$ МПа;

γ – параметр, учитывающий суммарное число приложений расчетной нагрузки и принимаемый для облегченных дорожных одежд $\gamma = 0,148$;

ω – коэффициент, учитывающий продолжительность расчетного периода и агрессивность воздействия расчетных автомобилей в разных погодноклиматических условиях (принимают по таблицам прил.6 ОДН 218.1.052-2002). Для Северо-западного региона, II ДКЗ, облегченной дорожной одежды: $\omega = 1,27$;

N_1 – среднесуточная интенсивность движения на полосу в расчетный период 1-ого года эксплуатации, приведенная к расчетным автомобилям, авт/сут. Для данного случая на период строительства $N_1 = 6,1$ авт/сут;

q – показатель роста интенсивности движения (определяется по приложению 5 ОДН 218.1.052-2002). Для рассматриваемого случая $q = 1$;

t_i – расчетный период эксплуатации дорожной одежды, годы.

$$E_{min} = 125 + 68[\lg(0,148 \times 1,27 \times 6,1 \times 1) - 1] = 61,04 \text{ МПа}$$

$$E_{min} = 61,0 \text{ МПа.}$$

Величину допускаемой вероятности повреждения покрытия ($r_{доп}$) определяют по формуле:

$$r_{доп} = 1 - K_H \quad (2.61)$$

где K_H – расчетный или нормативный уровень надежности дорожной одежды (принимается по табл. 6 прил.6 ОДН 218.1.052-2002). Для IV категории дороги, облегченного типа дорожной одежды, I-III ДКЗ: $K_H = 0,83$;

$$r_{доп} = 0,17;$$

Данной величине допускаемой вероятности повреждения соответствует: $X_j = 1,21$ (согласно табл.1 прил. 6 ОДН 218.1.052-2002)

Коэффициент прочности дорожной одежды:

$$K_{пр} = 113,5 / 32,7$$

$$K_{пр} = 3,47$$

Рассчитанному коэффициенту прочности соответствуют максимально допустимые осевые нагрузки автотранспортных средств согласно ОДМ 218.6.002-2010:

Таблица 3.14 – Допустимая нагрузка на каждую ось каждого транспортного средства

Допустимая нагрузка на каждую ось каждого транспортного средства при:		
одиночной оси (тс)	двухосной тележке (тс)	трехосной тележке (тс)
12	10	9

Таблица 3.15 – Исходные данные

Параметр	Пулковское шоссе	Московское шоссе	Выборгское шоссе	ул. Двинская
Категория АД	I	I	I	I
типДО	<i>капитальный</i>	<i>капитальный</i>	<i>капитальный</i>	<i>капитальный</i>
K_H	0,98	0,98	0,98	0,98

$E_{\Phi\Pi}$, МПа	240,2	228,7	306,1	141,6
$N_{\Phi\Pi}$	560	700	700	320
q	1,05	1,05	1,05	1,05
$\Delta t_{\text{КР}}$	7	11	5	2
T_o	12	12	12	12
γ	0,12	0,12	0,12	0,12
ω^*	1,14	1,14	1,14	1,14
$K_{\text{ПР}}^*$	1	1	1	1
$K_{\text{рег}}$	1	1	1	1
K_Z	0,97	0,97	0,97	0,96
$K_{\text{СИ}}$	1,54	1,54	1,54	1,54
X_i	1,58	1,58	1,58	1,58
$K_{\text{нр}} = E\phi/E_{\text{нр}}$	1,04	1,17	1,24	0,62

- год проведения последней диагностики дороги - $t_{\text{п}}=2012$ год;
- год $t_{\Phi}=2012$ год, на который осуществляют прогноз $K_{\text{нр}}$;
- $K_{\text{н}}$ - расчетная надежность дорожной одежды;
- фактический модуль упругости дорожной конструкции $E_{\Phi\Pi}$, определенный при последней диагностики $t_{\text{п}}$;
- $N_{\Phi\Pi}$ - интенсивность движения на полосу, приведенная к 100 кН;
- показатель роста интенсивности движения на дороге - $q > 1$ (при отсутствии информации принимается средний показатель $q = 1,05$);
- $\Delta t_{\text{КР}}$ количество лет от года последнего капитального ремонта;
- межремонтный срок – T_o .
- γ - параметр, принимаемый в зависимости от типа дорожной одежды (0,12; 0,148 и 0,171 соответственно для капитальных, облегченных и переходных дорожных одежд);
- ω^* - коэффициент, учитывающий агрессивность воздействия расчетных нагрузок в разных погодно-климатических условиях;
- $K_{\text{ПР}}^*$ - коэффициент относительной прочности дорожной одежды;
- $K_{\text{рег}}$ - региональный коэффициент (для I-IV и V ДКЗ соответственно 1 и 0,85);

K_z - показатель, определяющий особенность работы дорожной одежды под воздействием движения;

$K_{си}$ - коэффициент, учитывающий сопротивление конструктивных слоев дорожной одежды сдвигу и растяжению при изгибе;

X_i - параметр, зависящий от проектной надежности дорожной одежды

Вывод. Проведены экспериментальные исследования. Значения нагрузки на ось транспортного средства, предельно допустимые для проезда по автомобильным дорогам общего пользования федерального значения, и расчеты модуля упругости автомобильных дорог общего пользования регионального значения в Санкт-Петербурге приведены в приложениях 3, 4.

3.5. Результаты экспериментальных исследований и выводы

При проведении экспериментальных исследований были получены и реализованы следующие результаты:

1. На основе проведенного расчетно-аналитического исследования определена методика, программа и план экспериментальных исследований, а также выбрана методика обработки опытных данных. План однофакторных экспериментов, который позволит проанализировать влияние весовых параметров транспортного средства на несущую способность дорожных конструкций, которое обеспечивает достаточную точность при минимальных затратах.

2. Применение метода экспертной оценки позволило определить достоверность теоретических исследований и установить, что наиболее важным фактором эффективности перевозок КТГ является размер возмещения вреда автомобильным дорогам. При использовании метода Пирсона и метода экспертных оценок было доказано, что факторы, влияющие на размер вреда,

имеют линейную зависимость вида:

$$Y = 189X_1 + 296X_2 + 2087X_3 + 3977X_4 - 6015X_5 + 45X_6 + 0,06X_7 + 5X_8 - 9950$$

Расчет коэффициента конкордации Кендалла показал, что согласованность экспертов сильная. Значит результат статистического анализа достоверен.

3. Проведены экспериментальные исследования по оценке степени износа дорожного полотна в зависимости от величины превышения значения предельно допустимой массы транспортного средства и превышения значений предельно допустимых осевых нагрузок. Создана экспериментальная установка, обеспечивающая проведение натурного эксперимента по принятой методике с точностью, удовлетворяющей существующим требованиям. В результате исследования обоснована допустимая погрешность при определении вреда и показано незначительное влияние износа покрытий на общую величину вреда от проезда тяжеловесного транспортного средства. Доказана гипотеза о корреляционной зависимости для определения вреда при разной несущей способности дорожных конструкций и степени превышения осевыми нагрузками транспортного средства допустимых величин.

4. Значения нагрузки на ось транспортного средства, предельно допустимые для проезда по автомобильным дорогам общего пользования федерального значения, и расчеты модуля упругости автомобильных дорог общего пользования регионального значения в Санкт-Петербурге приведены в приложениях 3, 4.

4. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИК И АЛГОРИТМОВ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СХЕМ ДОСТАВКИ ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ

4.1. Разработка предложений по практической реализации методик и алгоритмов выбора оптимальных транспортных схем доставки тяжеловесных грузов

На основании проведённого исследования были сформированы предложения по практической реализации методик и алгоритмов выбора оптимальных транспортных схем доставки тяжеловесных грузов с учетом снижения негативного воздействия на автомобильные дороги. Разработанный комплекс мер позволит повысить эффективность перевозок КТГ автомобильным транспортом и включают в себя решения организационных и технических вопросов доставки тяжеловесных грузов.

Разработаны следующие предложения:



1. По совершенствованию процедуры получения документов, разрешающих перевозку КТГ

Для перевозки по дорогам крупногабаритных и тяжеловесных грузов необходимо получить специальное разрешение у соответствующих дорожных органов.

Процесс оформления специального разрешения сопровождается сложной процедурой согласований с владельцами автомобильных дорог и инженерных сооружений. Как было отмечено на XI Международном форуме «Транспортный потенциал», прошедшем 18-19 октября 2018 года в Санкт-Петербурге, данный этап может занимать до нескольких месяцев.

Необходимо создать комплекс мер по упрощению государственной услуги, который позволил бы систематизировать данную процедуру.

СПЕЦИАЛЬНОЕ РАЗРЕШЕНИЕ № 001147
на движение на автомобильном дорожном транспортном средстве,
осуществляющего перевозку габаритных и (или) крупногабаритных грузов

Вид перевозки: Месяца Год: 2015

Разрешение выдано: 16 июля в период с 17.06.15 по 15.07.15

по маршруту:
Госпитальный пр., д. 148/3 - Ручейская дорога - Пискаревский пр. (до КАД) - Смольнинское ш. (до ЗСД) - пр. Говора и обьезго до конечной маршрута.

Транспортное средство (автомобиль): марка и модель (заполнить строку, если серия (идентификационный номер) регистрационный или таможенный номера (или, если допущение) МАН 26173 008 М Е В 882 М-178 ХМДЮУЖ № АТ 9012 78

Наименование, адрес и телефон владельца транспортного средства:
ООО «Сберинт», 195248, Санкт-Петербург, Уланский пер., д. 75А, т/л: (8-21) 449-57-00

Характеристики груза (наименование, объем, масса):
Объемный модуль (габариты) 9,00 x 3,00 x 3,30 м; масса 13,00 т

Параметры транспортного средства (автомобиля):

масса транспортного средства (автомобиля) без груза / с грузом (т)	21,71 / 36,71	масса прицепа (полуприцепа) (т)	8,65	масса прицепа (полуприцепа) (т)	13,06	
расстояние между осями	3,20 - 1,25 - 8,95 - 1,31 - 1,31					
нагрузка на ось (т)	6,26 - 5,09 - 7,00 - 6,15 - 6,15 - 6,15					
габариты транспортного средства (автомобиля):	длина (м)	20,00	ширина (м)	3,00	высота (м)	4,20

Разрешение выдано: Комитет по развитию Санкт-Петербурга (наименование государственного органа)

Исходные данные (умножить и разделить):

16 Сентября 2015 г.

Рисунок 4.1 – Образец специального разрешения

Для оптимизации выдачи специальных разрешений предлагается:

- перевести государственную услугу в электронный вид с возможностью межведомственного согласования посредством сети интернет, возможностью

подачи документов посредством сети интернет, автоматического формирования счетов и онлайн оплаты, оформления результата в электронном виде;

- сократить сроки рассмотрения заявлений на получение специальных разрешений:

проверка при рассмотрении заявки уполномоченным органом – с 4 до 1 рабочего дня;

установка уполномоченным органом пути следования, определение владельцев автомобильных дорог и инженерных сооружений, направление межведомственного запроса – с 4 до 2 рабочих дней;

согласование владельцами автомобильных дорог маршрута транспортного средства, осуществляющего перевозки КТГ, – с 4 до 2 рабочих дней;

согласование Госавтоинспекцией маршрута транспортного средства, осуществляющего перевозки КТГ, – с 4 до 2 рабочих дней;

срок проведения оценки технического состояния автомобильных дорог и (или) их участков – с 30 до 7 рабочих дней;

со дня получения ответов от владельцев автомобильных дорог уполномоченный орган информирует об этом заявителя – с 3 до 1 рабочего дня;

по постоянному маршруту транспортного средства, осуществляющего перевозки тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов по автомобильным дорогам, выдача специального разрешения на перевозку КТГ по такому маршруту со дня согласования Госавтоинспекцией, тяжеловесных грузов - со дня предоставления документа, подтверждающего оплату возмещения вреда, причиняемого транспортным средством, осуществляющим перевозку тяжеловесного груза – с 3 до 1 рабочего дня;

в случае принятия решения об отказе в выдаче специального разрешения уполномоченный орган информирует заявителя – с 4 до 2 рабочих дней;

специальное разрешение в случае, если требуется согласование только владельцев автомобильных дорог, и при наличии соответствующих согласований выдается – с 11 до 3 рабочих дней, в случае необходимости согласования

маршрута транспортного средства с Госавтоинспекцией – с 15 до 4 рабочих дней с даты регистрации заявления.

Внесение указанных изменений позволит:

- упростить процесс и сроки получения специального разрешения на перевозку КТГ;
- значительно увеличить эффективность и рентабельность перевозок КТГ;
- увеличить привлекательность рынка перевозки КТГ автомобильным транспортом.

Следует отметить, что выдача разрешающих документов является государственной услугой, которая должна осуществляться в строгом соответствии с Федеральным законом от 27.07.2010 № 210-ФЗ «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг».

Статьей 4 указанного федерального закона в качестве основного принципа предоставления государственных и муниципальных услуг закреплена возможность получения данных услуг в электронной форме, а также в иных формах, предусмотренных законодательством Российской Федерации, по выбору заявителя. Вместе с тем, данный принцип до сих пор не реализован не одним исполнительным органом власти в Российской Федерации. Единственный доступный способ для заявителя – собрать пакет документов и подать его уполномоченному должностному лицу, что недопустимо в нынешних условиях. Данная проблема неоднократно отмечалась представителями транспортных компаний, в частности представителем СОЮЗА АВТОПЕРЕВОЗЧИКОВ КРУПНОГАБАРИТНЫХ, ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ И ОПАСНЫХ ГРУЗОВ на XI Международном форуме «Транспортный потенциал».

2. По уточнению федеральной методики расчета размера вреда и сокращению расходов на перемещение тяжеловесных грузов с одновременным снижением негативного воздействия на автомобильные дороги.

В качестве первого этапа комплексной оптимизации планирования перевозок КТГ предлагается использовать разработанный критерий (эксплуатационный коэффициент) в качестве ключевого показателя оценки состояния автомобильной дороги для дальнейшего построения маршрута движения, выбора оптимальных транспортных схем доставки тяжеловесных грузов. Эксплуатационный коэффициент отражает не только прочностные показатели автомобильной дороги, но и стоимость движения тяжеловесного транспортного средства, учитывающий вес и габариты груза, технические параметры дорожных и инженерных сооружений на пути следования тяжеловесного транспортного средства, что достаточно серьезно влияет на эффективность перевозок КТГ.

В качестве второго этапа предлагается уточнить федеральную методику расчета размера вреда причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, в частности внести следующие изменения в формулу расчета размер платы в счет возмещения вреда:

а) исключить базовый компенсационный индекс текущего года. Указанный индекс был впервые утвержден в 2008 году и в настоящее время удваивает размер вреда.

$$P_p = (P_{пм} + (P_{пом1} + P_{пом2} + \dots + P_{помi})) \times S \times T_{тг}$$

При этом удвоение размера вреда не обосновано расчетами, связанными с наносимым вредом или затратами на ремонт автомобильных дорог.

$$T_{тг} = T_{пг} \times I_{тг}$$

, где

$T_{пг}$ - базовый компенсационный индекс предыдущего года (базовый компенсационный индекс 2008 года принимается равным 1, $I_{тг} = 1$);

$I_{тг}$ - индекс-дефлятор инвестиций в основной капитал за счет всех источников финансирования в части капитального ремонта и ремонта автомобильных дорог на очередной финансовый год, разработанный для прогноза социально-экономического развития и учитываемый при формировании федерального бюджета на соответствующий финансовый год и плановый период.

Данный показатель зависит от базового компенсационного индекса предыдущего года и индекса-дефлятора инвестиций в основной капитал и не отражает реального ущерба, наносимого автомобильным дорогам.

С учетом методики комплексной оптимизации планирования и внедрения автоматизированных систем весогабаритного контроля транспортных средств указанные изменения увеличат поступления в бюджеты бюджетной системы Российской Федерации, в тоже время, данные изменения должны снизить расходы на перемещение таких грузов как: дорожная и строительная техника, части мостов и инженерных сооружений, военную технику, и прочее, что должно положительно сказаться как на отрасли, так и на экономике в целом.

б) внести изменения в Методику расчета размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, изложив ее в следующей редакции:

для дорог с одеждой капитального и облегченного типов:

$$P_{\text{помі}} = (K_{\text{дкз}} \cdot K_{\text{кап.рем.}} \cdot K_{\text{сез.}} \cdot P_{\text{исх}} \times (1 + 0,2 \times P_{\text{ось}}^{1,92} \cdot (a / H - b))) / K_3$$

для дорог с одеждой переходного типа:

$$P_{\text{помі}} = (K_{\text{кап.рем.}} \cdot K_{\text{сез.}} \cdot P_{\text{исх}} \times (1 + 0,14 \times P_{\text{ось}}^{1,24} \times (a / H + b))) / K_3$$

,где

$K_{\text{дкз}}$ – коэффициент, учитывающий условия дорожно-климатических зон;

$K_{\text{кап.рем}}$ – коэффициент, учитывающий относительную стоимость выполнения работ по капитальному ремонту и ремонту в зависимости от автомобильной дороги на территории Российской Федерации;

$K_{\text{сез}}$ – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия. Принимается равным единице при неблагоприятных природно-климатических условиях, в остальное время принимается равным 0,35;

$P_{\text{исх}}$ – исходное значение размера вреда, причиняемого транспортными средствами, при превышении допустимых осевых нагрузок для автомобильной дороги на 5 процентов;

$P_{\text{ось}}$ – величина превышения фактической осевой нагрузки над допустимой для автомобильной дороги, тонн/ось;

H – нормативная (расчетная) осевая нагрузка для автомобильной дороги, тонн/ось;

a, b – постоянные коэффициенты.

K_3 – эксплуатационный коэффициент, учитывающий критерий прочности дорожной одежды

в) обязать владельцев автомобильных дорог ежегодно утверждать K_3 – эксплуатационный коэффициент, учитывающий критерий прочности дорожной одежды на основании проводимого анализа состояния автомобильных дорог.

Данный коэффициент не только облегчит перевозчикам выбор оптимального маршрута движения, но также будет наглядно отражать состояние автомобильных дорог в регионе и обеспечит безусловную их сохранность при перевозках КТГ, что снизит затраты на ремонт дорожного покрытия.

Составление рейтинга на основе данного критерия может обеспечить стимулирование федеральных, региональных или местных властей к улучшению состояния автомобильных дорог, что должно положительно сказаться на эффективности перевозок КТГ (скорость движения транспортных средств, снижение аварийности, сокращение преждевременного износа частей и агрегатов транспортных средств).

Для представительных и федеральных органов власти указанный критерий может быть показателем работы исполнительных органов на местах.

Искусственное завышение критерия приведет к снижению поступлений в бюджет, что может расцениваться как умышленное нанесение ущерба, занижение также неудобно для владельца автомобильной дороги - низкое значение коэффициента в течение долгого времени может быть по следующим причинам: низкая собираемость штрафов и размера платы в счет возмещения вреда, систематическое нарушение установленного порядка выдачи специальных разрешений или недостаточное финансирование дорожной деятельности.

Кроме того, ежегодный мониторинг состояния дорожного полотна позволит более эффективно распределять ресурсы на ремонт и развитие улично-дорожной сети.

В комплексе указанные изменения должны обеспечить:

- Обоснованное значение размера платы в счет возмещения вреда автомобильным дорогам.
- Критерий, опираясь на который перевозчик может оптимизировать маршрут движения тяжеловесного транспортного средства.
- Снижение расходов на перевозку тяжеловесных грузов.
- Наглядность, прозрачность, контроль состояния автомобильных дорог и дорожной деятельности регионов.

3. *Внедрение систем автоматизации в процессы, оказывающие влияние на перемещение тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам*

Помимо указанных мероприятий в крупных городах Российской Федерации наблюдается усиление контроля за движением грузовых автомобилей и регулирование логистики доставки грузов. Таким образом, в двух городах федерального значения Москве и Санкт-Петербурге в 2013 году введены ограничения на движение грузовых транспортных средств.

Данные мероприятия необходимо учитывать и при перевозке КТГ, ограничения могут влиять на маршрут и время движения транспортного средства с грузом и без него.

В соответствии с постановлением Правительства Санкт-Петербурга от 27.03.2012 № 272 «О порядке осуществления временных ограничения или прекращения движения транспортных средств по автомобильным дорогам регионального значения в Санкт-Петербурге» с 01.06.2013 введены ограничения на движение грузовых транспортных средств по автомобильным дорогам регионального значения в Санкт-Петербурге и утверждён перечень автомобильных дорог, на которых разрешено движение грузовых транспортных средств согласно приложению №3 к постановлению. Движение по остальным дорогам должно осуществляться по пропускам согласно утверждённому Комитетом по благоустройству Санкт-Петербурга маршруту.

Данные ограничения введены в целях сокращения трафика грузовых автомобилей в пиковые часы и сохранения улично-дорожной сети.

В выдаваемых Комитетом пропусках предусмотрены маршруты движения к объектам обслуживания. Сотрудники подведомственного Комитету СПб ГКУ «Центр комплексного благоустройства» осуществляют проверку предоставляемых документов и определяют оптимальные время и маршруты движения грузовых автомобилей.

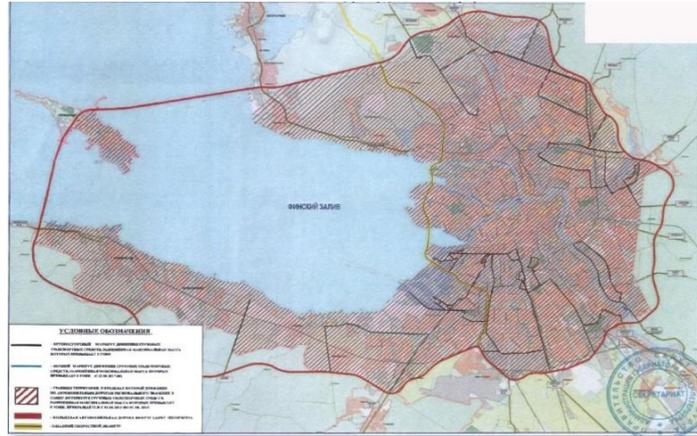


Рисунок 4.2 – Территория временного ограничения на движение грузовых автомобилей в Санкт-Петербурге.

Запрет реализован посредством установки дорожных знаков 3.4 «Движение грузовых автомобилей запрещено». Контроль за соблюдением временных ограничений осуществляется Управлением ГИБДД ГУ МВД России по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области и Ространснадзор РФ.



Рисунок 4.3 – Образец пропуска, выдаваемый Комитетом по благоустройству Санкт-Петербурга

Несмотря на показатели снижения аварийности в Санкт-Петербурге пропускной режим имеет значительные недостатки в виде продолжительного,

непрозрачного процесса оформления бумажных пропусков, что в значительной степени затрудняет работу автомобильного грузового транспорта.

Кроме того, выдача разрешающих документов региональной властью на проезд под дорожный знак 3.4 «Движение грузовых автомобилей запрещено», запрет которого установлен федеральным законодательством, нарушает положения статьи 76 Конституции Российской Федерации.

Оптимизацию процесса выдачи пропусков предлагается провести посредством перевода государственной услуги в электронный вид. Для этой цели необходимо перенять опыт Морского порта Санкт-Петербурга, который ввел электронное оформление пропуска для проезда на закрытую территорию.

Для оформления пропуска необходимо сначала зарегистрироваться, предоставив пакет документов, подтверждающий деятельность юридического лица, затем, получив одобрение, оформить электронную подпись.

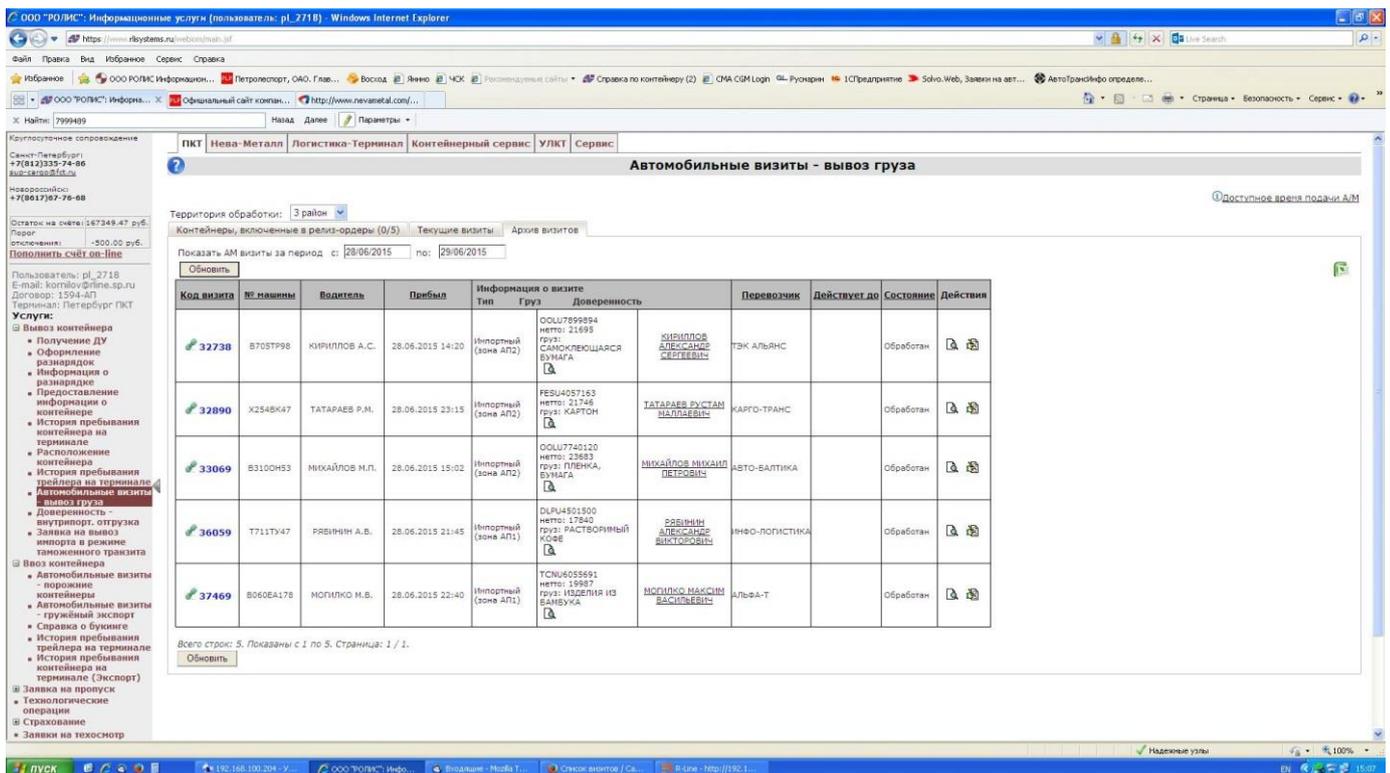


Рисунок 4.4 – Информационная пропускная система в Большом порту «Санкт-Петербург»

Таким образом пропуск можно оформить с любого устройства, поддерживающего интернет и сертификаты КриптоПро.

Контроль за движением грузовых автомобилей предлагается осуществлять с помощью камер фотовидеофиксации, для этого незначительно дорабатывается программное обеспечение и интегрируется база выданных пропусков (автомобилей, которым разрешен проезд. Данный принцип уже реализован в г. Москве.

Реализация данного предложения позволит перевозчикам КТГ:

- значительно сократить сроки получения разрешающих документов;
- более эффективно планировать перевозки КТГ.

Кроме того, перевод данной государственной услуги позволит:

- вести учет грузопотоков;
- на основании статистики вносить коррективы в документы территориального планирования и строительство линейных объектов;
- контролировать трафик грузового транспорта и в режиме реального времени перераспределять потоки;
- обеспечить безопасность значимых мероприятий и объектов культурного наследия;
- пополнять бюджет субъекта за счет штрафов.

Потенциал данной системы не ограничивается перечисленными предложениями.

4. По совершенствованию нормативной базы, регулирующей область перевозки тяжеловесных по автомобильным дорогам

Еще одной важной проблемой требующей решения при организации перевозок КТГ по автомобильным дорогам РФ является необходимость дополнительной оплаты возмещения ущерба в случае проезда по территории дорог общего пользования через систему взимания платы «Платон» [19, 59]. Основным недостатком данной системы, как уже говорилось ранее, является формирование стоимости возмещения ущерба только с учетом максимально допустимой полной массы ТС, при этом никак не учитывается фактическая масса ТС, распределение нагрузки по осям и количество осей, что не позволяет

оценивать реальный ущерб от проезда ТС. Кроме того, вред, возмещаемый в рамках данной системы, взимается и с перевозчиков, которые оплатили перевозку КТГ, что недопустимо. Для перевозчиков КТГ, получивших специальное разрешение, взимание дополнительной платы должно быть исключено.

СВП «Платон» [19, 59] не предполагает какое-либо дифференцирование тарифов системы, что является неверным, т.к. ущерб от проезда ТС различной массы и с различными осевыми нагрузками даже от однотипных ТС будет различен, а по системе возмещения вреда через СВП «Платон» данные ТС заплатят одинаковую сумму при разном ущербе. Система взимания платы Платон [19, 59] на данном этапе своего развития не предусматривает возмещение реального ущерба дорожному полотну, при этом перевозчики, занимающиеся транспортировкой тяжеловесных грузов, два раза оплачивают возмещение вреда дорогам в случае, если маршрут пролегает по территории дорог общего пользования федерального значения, что говорит о необходимости совершенствования данной системы.

Предлагается:

- дифференцировать размер платы в систему «Платон» в зависимости от типа транспортного средства, обеспечить научно обоснованную плату в счет возмещения вреда;
- исключить взимание платы в системе «Платон» для тяжеловесных транспортных средств, на которые оформлено специальное разрешение.

В комплексе, для достижения эффективной работы грузового транспортного комплекса необходимо внести изменения, предусматривающие вышеуказанные предложения, в следующие нормативные правовые акты:

Федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ [50], обязав владельцев автомобильных дорог проводить периодический контроль состояния автомобильных дорог (определять эксплуатационный коэффициент);

постановление Правительства РФ от 16.11.2009 № 934 [17], дополнив методику вышеуказанными изменениями, включающими формулы расчета

размера платы в счет возмещения вреда и размеров вреда при превышениях осевых нагрузок;

постановление Правительства РФ от 14.06.2013 № 504 «О взимании платы в счет возмещения вреда, причиняемого автомобильным дорогам общего пользования федерального значения транспортными средствами, имеющими разрешенную максимальную массу свыше 12 тонн» [19, 59], исключив обязанность оплачивать проезд по федеральным автомобильным дорогам тяжеловесных транспортных средств, осуществляющих движение со специальным разрешением;

приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 24.07.2012 № 258 «Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозки тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов», предусмотрев возможность получение государственной услуги в электронном виде, межведомственное электронное согласование и сократив сроки оказания данной услуги в соответствии вышеуказанными рекомендациями;

пересмотреть порядок оформления пропусков в ряде регионов Российской Федерации и внести изменения в регламенты оказания государственных услуг в соответствии с вышеуказанными рекомендациями.

4.2 Разработка практических рекомендаций и технических предложений по совершенствованию планирования перевозочного процессов тяжеловесных грузов

4.2.1. Практические рекомендации по оптимизации планирования перевозочного процессов тяжеловесных грузов

При осуществлении перевозок тяжеловесных грузов необходимо своевременно и качественно спланировать перевозки КТГ для обеспечения их

эффективности, поэтому исходя из целей данного диссертационного исследования были разработаны практические рекомендации по оптимизации планирования перевозочного процессов тяжеловесных грузов с учетом снижения воздействия на автомобильные дороги с точки зрения снижения переменных расходов, связанных с необходимостью возмещения ущерба автомобильным дорогам от проезда тяжеловесных АТС

Для решения данной задачи необходимо выбирать оптимальную комбинацию ТС (автопоезд) и автомобильной дороги проезда данного ТС, который будет указываться в заявлении на получение специального разрешения. Алгоритм выбора включает в себя три основных этапа:

1 этап – «Анализ возможностей улично-дорожной сети»;

2 этап – «Выбор ТС (автопоезда), обеспечивающего минимальные превышения допустимой нагрузки по осям, из существующего автопарка»;

3 этап – «Расчет оптимального маршрута с точки зрения снижения основной части переменных расходов на основе характеристик выбранного ТС и улично-дорожной сети».

Цель данного алгоритма – решение оптимизационной задачи перевозки тяжеловесных грузов с заданными ограничениями. В данной работе под целевой функцией будем понимать сумму основных переменных расходов C_{ϕ} , которую необходимо минимизировать, со следующими ограничениями, налагаемыми на параметры целевой функции: превышения полной массы ТС и осевых нагрузок над допустимыми должны быть не более 60%, габариты ТС не превосходят по длине 25 м, по ширине – 3,5 м, а по высоте 4,5 м, так же будем считать, что на рассматриваемой УДС нет искусственных дорожных сооружений, чьи допустимые осевые нагрузки или полная масса меньше, чем на дорогах, ведущих к данным сооружениям. Задача оптимизации, связанная со снижением основных переменных расходов, имеет следующий вид (4.1):

$$\begin{cases} C_{\phi} \rightarrow \min; \\ 0 \leq k_1 < 60; \\ 0 \leq k_{2j} < 60, \quad j = 1 \dots n_{\text{осей}}; \\ g_1 < 25; \\ g_2 < 3,5; \\ g_3 < 4,5; \end{cases} \quad (4.1)$$

Перейдем к более подробному описанию алгоритма «ТС – АД». Первый этап «Анализ возможностей улично-дорожной сети» представляет собой рассмотрение всех возможных путей проезда от пункта грузоотправителя до пункта грузополучателя с помощью карт автомобильных дорог, с целью определения искусственных дорожных сооружений на маршрутах, их нормативных параметров (допустимых габаритов, осевых нагрузок, полной массы и т.д.), возможностей объезда таких сооружений и исключения участков маршрута, с нормативной (расчетной) осевой нагрузкой 6 т/ось. Результатом данного анализа является построение сети в виде сетевого ориентированного графа, где в качестве вершин выступают пересечения дорог и съезды, в которых возможно разветвление маршрута. При изучении улично-дорожной сети необходимо ориентироваться на наличие временных ограничений (сезонные, ремонт дорог) и на расчетные нагрузки дорог, по которым существуют возможности проезда. Дороги федерального значения являются более универсальными, чем региональные, они не имеют сезонных ограничений и существующие искусственные дорожные сооружения на них рассчитаны на большие допустимые нагрузки, чем на региональных. В связи с тематикой данной работы, в качестве объектов для построения улично-дорожной сети будем рассматривать преимущественно федеральные дороги общего пользования РФ, региональные дороги в рассматриваемом алгоритме используются только для заезда/выезда в города отправителя и получателя.

При анализе возможностей проезда между ГО и ГП возникает необходимость изучения всех автомобильных дорог с допустимыми осевыми нагрузками, что занимает значительное количество времени, т.к. на данный момент на территории

РФ не существует интерактивных карт автомобильных дорог, отображающих расчетные (допустимые) осевые нагрузки на различных участках дорог. Расчетные (допустимые) нагрузки и временные ограничения для дорог федерального значения публикуются на официальном сайте РОСАВТОДОРа, но в нормативных документах они представлены в виде таблиц, что значительно замедляет процесс построения маршрута, т.к. сначала нужно посмотреть на картах учетный номер автомобильной дороги, затем найти в таблицах данную дорогу и интересующий участок на ней. Существует еще один вариант рассмотрения допустимых осевых нагрузок на выделенных участках дороги – атлас автомобильных дорог. К его преимуществам можно отнести то, что он является более наглядным, чем таблицы, но он, к сожалению, не отражает изменения, появляющиеся на автомобильных дорогах РФ. В связи с неудобствами поиска информации о дорогах на рассматриваемой улично-дорожной сети возникает еще одно предложение по упрощению анализа возможностей проезда по территории федеральных дорог РФ, а, следовательно, и оптимизации перевозок тяжеловесных грузов по данным дорогам, – создание дополнительного слоя на уже существующих интерактивных картах, на котором будет отображена информация по расчетной (допустимой) осевой нагрузке на дорогах федерального значения, которая будет корректироваться в соответствии с нормативными актами, изменяющими значения осевой нагрузки. Значения осевой нагрузки для автомобильных дорог ФЗ на карте можно представить в виде цветных линий, где каждому цвету поставлены в соответствие те или иные допустимые осевые нагрузки для рассматриваемой дороги. Помимо осевых нагрузок на предлагаемом слое карты может быть размещена краткая информация о наличии искусственных дорожных сооружений и порядке проезда по ним (ограничения по массе, по осям, по габаритам и т.д.). Искусственные дорожные сооружения (мосты, путепроводы и т.п.) обозначаются на карте в виде точек, при нажатии на которые в виде всплывающей подсказки появляется информация о данном сооружении, полезная перевозчикам тяжеловесных и/или негабаритных грузов.

Подход к планированию перевозок на основе подобных карт позволит исключить из рассмотрения ребра сети с одинаковой допустимой осевой нагрузкой, в местах где происходит ветвление (существует альтернатива проезда по аналогичной дороге), путем выбора из данных участков, участка с наименьшим расстоянием, при условии отсутствия на сравниваемых участках искусственных дорожных сооружений или при наличии аналогичных искусственных сооружений на данных участках.

Кратко первый этап оптимизации перевозок КТГ по автомобильным дорогам на основе алгоритма можно представить в виде последовательности следующих действий:

- Выделение участка автодорожной сети, соединяющей пункты ГО и ГП для последующего анализа;
- Исключение из рассматриваемой сети всех дорог регионального и местного значения, не относящихся к городам, в которых расположены пункты ГО и ГП, если это возможно. В случае, отсутствия федеральных дорог, соединяющих города ГО и ГП, данный алгоритм не применяется;
- Анализ наличия искусственных дорожных сооружений на маршруте и их нормативных нагрузок, а также возможностей проезда по данным искусственным сооружениям;

Исключение альтернативных путей проезда при одинаковых условиях нормативной осевой нагрузки на данных участках, при условии отсутствия искусственных дорожных сооружений на данных участках, или одинаковых условиях проезда по искусственным сооружениям на альтернативных участках.

Составление сетевого ориентированного графа, где начальной вершиной графа является пункт ГО, а конечной вершиной – пункт ГП. В качестве промежуточных вершин используются пересечения дорог с различными учетными номерами и съезды, в которых возможно разветвление маршрута.

Второй этап «Выбор ТС (автопоезда), обеспечивающего минимальные превышения допустимой нагрузки по осям» предполагает под собой выбор

наиболее эффективного ТС (автопоезда). При выборе ТС для перевозки тяжеловесных грузов необходимо опираться на:

- Возможности тягача;
- Грузоподъемность полуприцепа/прицепа;
- Форма и габаритные размеры грузовой платформы;
- Конструктивные особенности подвески ТС
- и др.

В случае перевозок КТГ особое внимание при выборе ТС уделяется весогабаритным параметрам, т.к. именно превышение разрешенных значений массы ТС (автопоезда), осевых нагрузок, предусмотренных для данного ПС в зависимости от категории дорог и типа дорожного покрытия, и габаритов ТС с грузом оказывает значительное влияние на себестоимость и рентабельность такой перевозки. Неправильно подобранное ТС (автопоезд) может привести к серьезному росту себестоимости перевозок тяжеловесных грузов из-за дополнительных расходов, связанных с возмещением ущерба. Основным фактором, помимо грузоподъемности полуприцепа, возможностей тягача и необходимых для тяжеловесного груза габаритных размеров, при выборе ПС является распределение нагрузки по осям транспортного средства, т.к. основная статья расходов за возмещение ущерба автомобильным дорогам связана с превышением допустимых осевых нагрузок и полной массы ТС

На данном этапе алгоритма происходит отбор тягачей и полуприцепов (прицепов) для перевозки КТГ, осуществляющего перевозку тяжеловесного груза.

Для расчета осевых нагрузок существуют специальные методики, позволяющие рассчитывать осевые нагрузки вручную, однако, большинство перевозчиков, занимающихся перевозкой тяжеловесных грузов, используют для расчета специализированные программные средства, позволяющие при заданных параметрах ТС, рассчитать фактические осевые нагрузки. Примерами таких программ могут служить КТГ-Калькулятор, aytoSchema и aytoSchema 2. Для оценки превышения по осям ТС на данном этапе и выбора итогового ТС воспользуемся программой КТГ-Калькулятор, которая на основании внесенной

информации, учитывая расстояния между вершинами графа, нагрузку на ось, расстояние между осями и тип мониторинга, автоматически рассчитывает стоимость возмещения ущерба на рассматриваемом участке. Это позволяет сократить время выдачи спецразрешения на транспортировку тяжеловесных грузов и сравнить возмещение ущерба на заданном участке для рассматриваемых вариантов ТС. Интерфейс программы КТГ- Калькулятор представлен на рисунках 4.5-4.7.

КТГ-Калькулятор						
Транспортное средство:	Марка, модель, гос. номер ТС					
Тип АТС:	Автомобиль					
Кол-во поездок:	1					
Кол-во осей: 6	1	2	3	4	5	6
Расстояния между осями, (м):	0	0	0	0	0	0
Фактические осевые нагрузки, (т):	5.508	8.573	8.573	8.749	8.749	8.749
Кол-во колес на оси:	2	2	2	2	2	2
Пневмо-подвеска:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Рисунок 4.5 – Задание параметров ТС (автопоезда) в КТГ-Калькуляторе

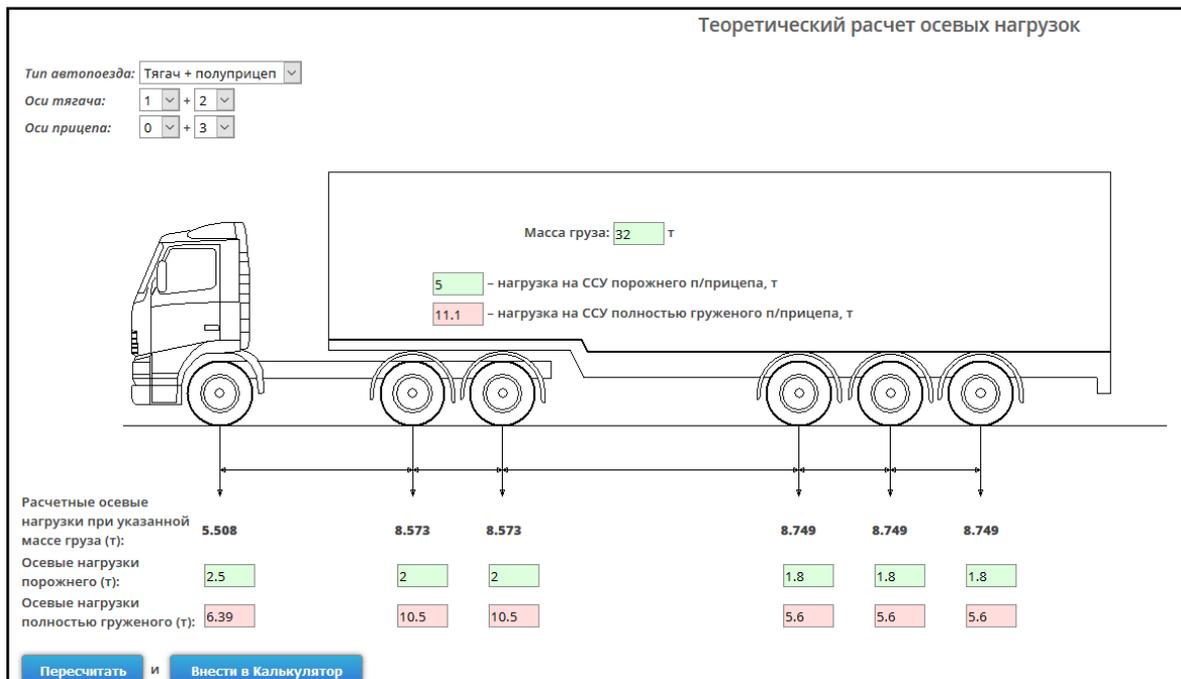


Рисунок 4.6 – Теоретический расчёт осевых нагрузок в программе КТГ-Калькулятор, в случае если неизвестны данные о фактической осевой нагрузке

Протяженность участка маршрута:	<input type="text" value="100"/> км
Значение дороги:	<input checked="" type="radio"/> федерального значения <input type="radio"/> регионального, межмуниципального, местного значения, частные дороги
Федеральный округ:	<input type="text" value="Северо-Западный"/>
Тип покрытия:	<input checked="" type="radio"/> с одеждой капитального или облегченного типа <input type="radio"/> с одеждой переходного типа
Нормативная осевая нагрузка:	<input type="radio"/> 6 <input checked="" type="radio"/> 10 <input type="radio"/> 11.5 (тонн/ось)
Базовый компенсационный индекс:	<input type="text" value="1.8136"/> (справочно: для дорог федерального значения БКИ на 2017 год принят равным 1,8136)
Неблагоприятные природно-климатические условия:	<input type="checkbox"/> (коэффициент $K_{сез} = 0,35$)
Допустимые осевые нагрузки для участка маршрута, (т): <input type="button" value="Задать вручную"/>	Используются расчётные значения
Допустимая полная масса для участка маршрута, (т): <input type="button" value="Задать вручную"/>	Используется расчётное значение
Комментарии к расчёту: <small>(не обязательно для заполнения)</small>	<input type="text"/>

Рисунок 4.7 – Задание параметров участка маршрута для расчета возмещения ущерба в программе КТГ-Калькулятор

Второй этап позволяет нам подобрать ТС (автопоезд) из рассматриваемой базы вариантов без превышения по осям или с минимальным превышением по осям транспортного средства. На основе результатов программы КТГ для выбранного ТС на данном этапе можно произвести предварительное составление весовой матрицы для третьего этапа алгоритма, используя функцию расчета по участкам маршрута для заданного ТС.

Заключительный этап алгоритма «Расчет оптимального маршрута с точки зрения снижения основной части переменных расходов на основе характеристик выбранного ТС и АД» представляет собой построение маршрута на основе алгоритма Дейкстры с наименьшей основной частью переменных расходов, связанных с возмещением вреда АД РФ и расходом топлива. Для реализации заключительного этапа используется программный продукт на основе алгоритма Дейкстры, описанный в приложении Б. В качестве значений весовой матрицы применяются переменные расходы между вершинами.

Алгоритм позволяет оптимизировать планирование перевозки тяжеловесных грузов автомобильным транспортом по дорогам федерального значения РФ на основе сокращения времени на разработку проекта перевозки, подбора оптимального ТС (автопоезда) и минимизации основной части переменных расходов.

Оптимизация построения маршрутов для перевозки тяжеловесных грузов с помощью алгоритма Дейкстры

При перевозке стандартных грузов для построения маршрутов используются методы оптимизации, основанные на нахождении минимального расстояния между пунктами на маршруте, но в случае перевозки специализированных тяжеловесных грузов общая дорожная сеть не всегда пригодна и кратчайшее расстояние, как было доказано, не всегда является оптимальным критерием.

При построении маршрутов для перевозки тяжеловесных грузов необходимо учитывать эксплуатационный коэффициент состояния автомобильной дороги, по которым может быть проложен маршрут, допустимые (расчетные) значения осевых нагрузок, на которые рассчитаны данные дороги, и наличие на дорогах искусственных дорожных сооружений, т.к. указанные параметры влияют на себестоимость перевозки, а, следовательно, и на эффективность перевозки.

В случаях перевозок специализированных тяжеловесных грузов существует один пункт грузоотправителя (ГО), в котором происходит погрузка груза, и один пункт грузополучателя (ГП), в котором происходит разгрузка груза, в связи с этим отпадает необходимость решать задачу с закреплением ГО и ГП. Одними из самых популярных способов решения транспортной задачи, связанной с нахождением оптимального маршрута, являются методы и алгоритмы, основанные на теории графов.

Дорожная сеть хорошо представима в виде ориентированного графа (под ориентированным графом будем понимать граф, у которого ребра имеют направления), где в качестве вершин графа, в зависимости от масштаба рассматриваемого участка, могут применяться перекрестки, контрольные точки, пересечение дорог различных категорий и т.д., а в качестве параметров для

весовых матриц графа – использоваться расстояния между пунктами (вершинами) или стоимость проезда по выделенному участку.

Одним из наиболее простых алгоритмов нахождения оптимального маршрута с помощью графов, с точки зрения реализации на ПК, является алгоритм Дейкстры, который позволяет найти кратчайшее расстояние между пунктами ГО и ГП или же построить маршрут с минимальными переменными расходами. Алгоритм Дейкстры (алгоритм меток) пошагово перебирает все вершины графа и назначает им метки, которые являются известными минимальными расстояниями (стоимостью) от вершины источника до конкретной вершины, т.е. позволяет найти кратчайшее расстояние или минимальную стоимость от вершины пункта отправления (s) до вершины пункта назначения (t). Стоит заметить, что данный алгоритм применим только с графами, не имеющими отрицательных весов, т.е. на рассматриваемой дорожной сети ($S_w = \langle X, V, w \rangle$), где X – множество вершин, а V – множество дуг, все значения стоимости или расстояний больше или равны нулю ($w_{ij} \geq 0$).

Алгоритм Дейкстры включает в себя два основных этапа:

- I этап – нахождение кратчайшего пути/минимальной стоимости/максимального значения эксплуатационного коэффициента;
- II этап – построение кратчайшего пути/пути с минимальной стоимостью от вершины s к вершине t .

Как уже было сказано ранее, для перевозок тяжеловесных грузов минимальный путь не всегда является оптимальным вариантом из-за необходимости возмещения различного ущерба на участках маршрута, поэтому рассмотрим алгоритм Дейкстры с точки зрения построения маршрута, минимального с точки зрения переменных расходов (стоимости). В ходе выполнения данного алгоритма вершинам сети x_i будут приписаны метки, которые обозначаются $d(x_i)$, могут быть временными и постоянными, и служат для нахождения пути с минимальной стоимостью от вершины s к вершине x_i . Говорят, что в ориентированном графе S_w существует путь из s к x_i , имеющий стоимость $d(x_i)$, в случае, если вершина x_i получила на каком-то шаге метку $d(x_i)$.

При условии, что $d(x_i)^*$ – постоянная метка, через $u=x_i$ обозначается постоянная вершина, соответствующую данной метке. Превращение метки из переменной в постоянную означает, что минимальная стоимость проезда от вершины s до соответствующей метке вершины найдена. Рассмотрим теперь данный алгоритм более подробно.

Первый этап состоит из:

Инициализации меток. Метка вершины s принимается равной нулю, а метки других вершин – равными бесконечностям (либо очень большим числам). Все вершины графа отмечаются как не посещённые.

$$d(s)^* = 0, \quad u = s, \quad d(x_i) = \infty \text{ для остальных } x_i \neq s.$$

Для каждой вершины x_i , кроме u , вычисляем сумму метки u и стоимости проезда до вершины x_i , и пересчитываем метки по правилу:

$$d_{\text{новая}}(x_i) = \min \{ d_{\text{старая}}(x_i), d(u) + w(u, x_i) \}. \quad (4.2)$$

Среди временных меток по следующему правилу выбирается метка для перевода в постоянную:

$$d(x_i)^* = \min \{ d(x_i) \mid x_i \in X, d(x_i) - \text{временная} \}. \quad (4.3)$$

Вершина, которая соответствует постоянной метке $d(x_i)^*$, превращается в постоянную $u=x_i$ и больше не рассматривается в алгоритме.

Далее выполняется проверка. Если $u=t$, то первый этап алгоритма заканчивается и происходит переход ко второму этапу, в противном случае возвращаемся в пункт 2) первого этапа.

Второй этап «Построение маршрута с минимальной стоимостью» состоит из:

Поиска дуг. Среди вершин, непосредственно предшествующих вершине $u=t$ находим x_i , удовлетворяющую условию:

$$d(u) = d(x_i)^* + w(x_i, u). \quad (4.4)$$

Дуга (x_i, u) включается в путь с наименьшей стоимостью, а u присваивается значение x_i . Если условие (2.4) выполнено для нескольких вершин, то в качестве текущей вершины можно рассмотреть любую из них.

Если $u=s$, то это означает, что найден путь с минимальной себестоимостью перевозки (в обратном порядке), если нет, то возвращаемся к пункту 1) второго этапа.

Рассмотрим применение данного алгоритма для построение оптимального с точки зрения себестоимости маршрута по дорогам федерального значения на примере участка сети федеральных дорог Центрального Федерального округа (один из участков маршрута между СПб и Москвой). Исходные данные по федеральной дорожной сети на рассматриваемом участке представлены в виде таблиц 4.1 и 4.2. В качестве тяжеловесного неделимого груза в рассматриваемой перевозке будет использоваться оборудование в ящике массой m г равной 38 тонны. В качестве АТС для осуществления перевозки тяжеловесного груза будем использовать: тягач MAN-F-2000 33.403 DFT и трехосный полуприцеп 9939 OA. Данные о фактической массе автопоезда, количестве осей и распределению осевой нагрузки представлены в таблице 4.5. Сведения о нормативных (расчетных) нагрузках участков автомобильных дорог общего пользования федерального значения представлены на официальном сайте Росавтодора. Для используемых в данной работе а/д сведения о расчетных нагрузках представлены в Приложении В.

Таблица 4.1 – Описание узловых точек (вершин графа) на участке маршрута, проходящего по территории ЦФО

№ вершины графа	Название
1	Пересечение а/д ФЗ М10 и а/д ФЗ А-108 (МБК) в районе г. Клин

2	Пересечение а/д ФЗ А-108 (МБК) и а/д ФЗ А-104 в районе г. Дмитров
3	Пересечение а/д ФЗ А-104 и а/д ФЗ А-107 (ММК) в районе д. Никольская Дмитровского района
4	Пересечение а/д ФЗ М10 и а/д ФЗ А-107 (ММК) в районе Солнечногорска, недалеко от д. Радумля
5	Съезд с ФЗ А-104 на МКАД (82 км внутр.)
6	Съезд с МКАД (79 км внутр.) в сторону Ижорской ул. г. Москвы
7	Съезд с а/д ФЗ М10 на МКАД (75 км)
8	Переход 5207-ого Проектируемого в Брусиловский г. Москва

Таблица 4.2 – Данные о возможностях проезда по рассматриваемому участку дорожной сети (графу)

Начало участка	Конец участка	Название дороги, по которой проходит данный маршрут	Допустимая (расчетная) нагрузка для данной дороги (10/11,5 т/ось)	Расстояние, км
1	2	А-108	10 и 11,5	58
1	4	М-10	10	39
2	3	А-104	11,5	26
3	4	А-107	11,5	26
3	5	А-104	11,5	28
5	6	МКАД	10	10
4	7	М-10	10	30
6	8	МКАД	10	1
7	8	МКАД	10	4

Таблица 4.3 – Отрывок из заявления на получение специального разрешения

Параметры автопоезда(ТС)				
Масса ТС без груза/с грузом (т)	20,855/58,855			
Расстояния между осями (м)	3,825	1,4	9,680	1,31 1,31
Нагрузки на оси (т)	6,33	9,7625(2-х ск.)	9,7625(2-х ск.)	11,00(2-х ск.)
	11,00(2-х ск.)	11,00(2-х ск.)		
Габариты автопоезда (ТС)				
Длина (м): 21	Ширина (м): 2,5		Высота (м): 4,26	

Необходимость автомобиля сопровождения (прикрытия)	нет
Предлагаемая максимальная скорость движения ТС (км/ч)	60

В качестве данных для заполнения весовой матрицы при перевозках тяжеловесных грузов будем использовать сумму расходов, связанных с возмещением ущерба автомобильным дорогам от проезда тяжеловесного транспорта, расходом топлива и расходами, связанными с необходимостью оплаты проезда по территории дорог федерального значения общего пользования (Платон [19, 59]), для участков дорог между соединенными между собой вершинами. Расход топлива для выбранного автопоезда с грузом составляет 90,2 л/100 км, цену дизельного топлива примем равной 38,17 руб./литр. Для расчета возмещения ущерба, вычислим превышения допустимой массы автопоезда и допустимых осевых нагрузок в % для дорог, с расчетной осевой нагрузкой, указанной в таблице 4.3 и представим полученные результаты в виде таблицы 4.4. Для определения максимально допустимой осевой нагрузки на рассматриваемой дороге, проектируемой под заданную расчетную осевую нагрузку (10/11,5 тонн/ось).

Таблица 4.4 – Превышения допустимой полной массы автопоезда и осевых нагрузок при транспортировке оборудования в ящике

	Для АД федерального значения общего пользования, рассчитанных на осевую нагрузку 10 тонн/ось	Для АД федерального значения общего пользования, рассчитанных на осевую нагрузку 11,5 тонн/ось
Максимально допустимые осевые нагрузки, тонн/ось	9 – 8 – 8 – 7,5 – 7,5 – 7,5	11,5 – 9 – 9 – 8 – 8 – 8
Фактические осевые нагрузки, тонн/ось	6,33 – 9,7625 – 9,7625 – 11,00 – 11,00 – 11,00	
Превышение по осям в %, на а/д	0 – 22,03 – 22,03 – 46,7 – 46,7 – 46,7	0 – 8,48 – 8,48 – 37,5 5 – 37,5 – 37,5
Превышение по полной массе автопоезда, в %	33,76	

Для нахождения маршрута с кратчайшим расстоянием и/или маршрута с минимальной стоимостью на заданном графе воспользуемся алгоритмом Дейкстры, реализованном в виде программы в математическом пакете MatLAB (Приложение Б). Для этого зададим две весовые матрицы w_w (2.30) и w_v (2.31), где в матрице w_w в качестве весов будем использовать расстояния между вершинами, а в матрице w_v – стоимость проезда из одной вершины в другую.

$$w_w = \begin{pmatrix} \text{inf} & 58 & \text{inf} & 39 & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} \\ \text{inf} & \text{inf} & 26 & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} \\ \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & 26 & 28 & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} \\ \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & 30 & \text{inf} \\ \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & 10 & \text{inf} & \text{inf} \\ \text{inf} & 1 \\ \text{inf} & 4 \\ \text{inf} & \text{inf} \end{pmatrix}, \quad (4.5)$$

$$w_v = \begin{pmatrix} \text{inf} & 32426,59 & \text{inf} & 31877,32 & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} \\ \text{inf} & \text{inf} & 8268,27 & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} \\ \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & 8268,27 & 8904,29 & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} \\ \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & 24521,01 & \text{inf} \\ \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & \text{inf} & 8173,67 & \text{inf} & \text{inf} \\ \text{inf} & 817,37 \\ \text{inf} & 2734,05 \\ \text{inf} & \text{inf} \end{pmatrix}. \quad (4.6)$$

Результаты работы программы, основанной на алгоритме Дейкстры, в Matlab представлены на рисунке 4.18. Данная программа позволяет также построить граф заданной дорожной сети с указанием оптимального с точки зрения расстояния пути (рисунок 4.8) или оптимального по стоимости пути (рисунок 4.9), в зависимости от заданной весовой матрицы. Оптимальный путь на графе обозначен красными стрелками.

```

Command Window

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О КРАТЧАЙШЕМ ПУТИ
КРАТЧАЙШЕЕ РАССТОЯНИЕ ОТ x1 ДО x8 = 73
МАРШРУТ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ:  x1 -> x4 -> x7 -> x8

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПУТИ С НАМЕНЬШЕЙ СТОИМОСТЬЮ
МИНИМАЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ НА МАРШРУТЕ ОТ x1 ДО x8 = 5.859021e+004
КРАТЧАЙШИЙ ПУТЬ:  x1 -> x2 -> x3 -> x5 -> x6 -> x8

```

Рисунок 4.8 – Оптимальные путь с точки зрения расстояния и/или стоимости, с указанием итогового минимального расстояния и/или стоимости

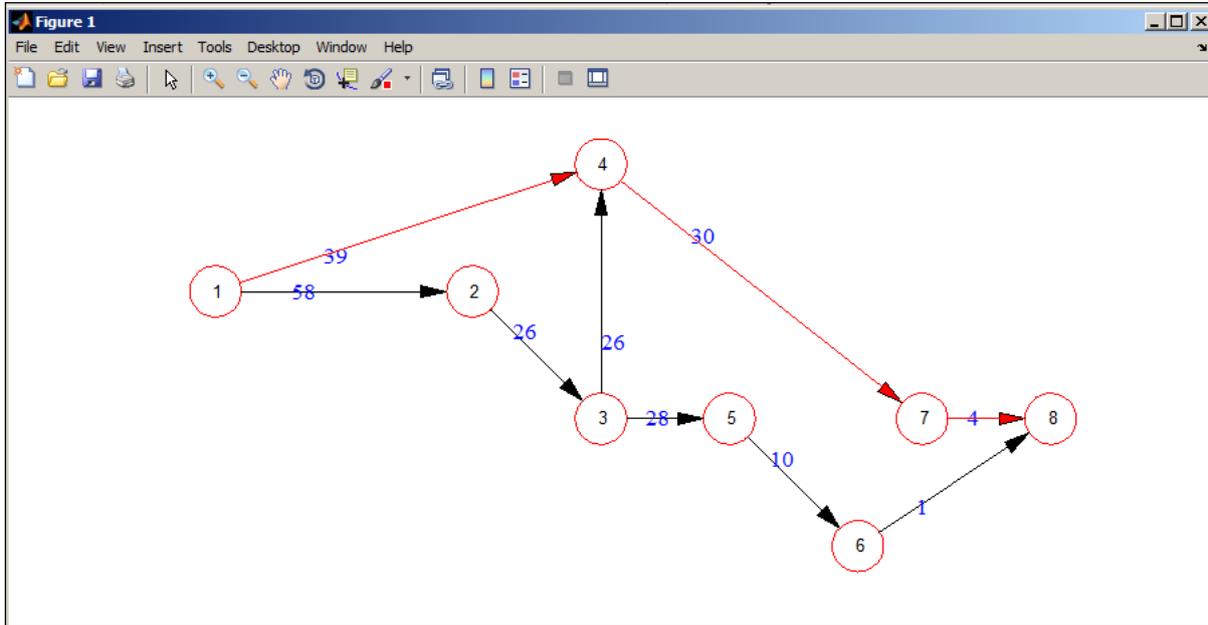


Рисунок 4.9 – Граф с указанием кратчайшего пути

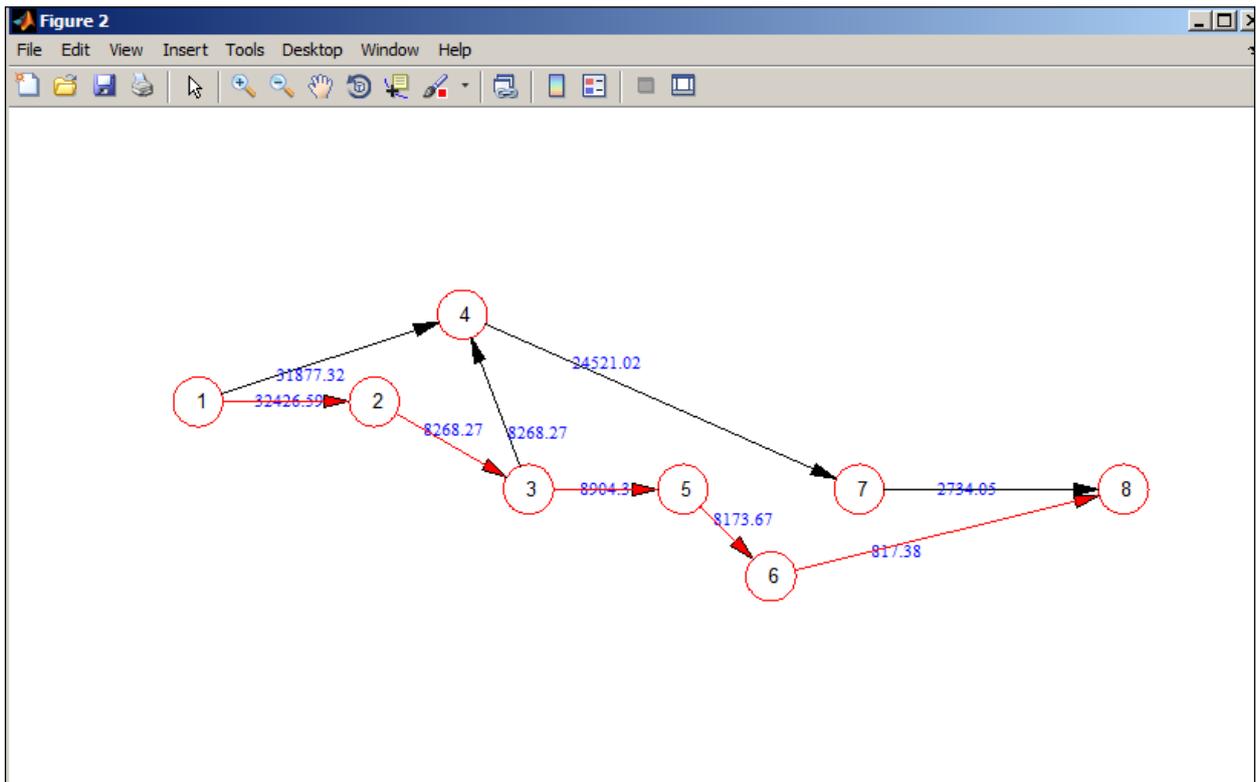


Рисунок 4.10 – Граф с указанием маршрута с минимальной стоимостью на заданной дорожной сети.

Проведем сравнительный анализ оптимальных с точки зрения кратчайшего расстояния и стоимости маршрутов. Оптимальные пути на рисунках 4.9 и 4.10 отличаются друг от друга, что еще раз подтверждает, что использование кратчайших расстояний для оптимизации маршрута даже без наличия на маршрутах искусственных сооружений не применимо при перевозке тяжеловесных неделимых грузов автомобильным транспортом, поэтому для перевозок грузов подобной номенклатуры для нахождения наилучшего (оптимального) маршрута с помощью алгоритма Дейкстры в качестве параметров весовой матрицы нужно рассматривать переменные затраты на участках, а не расстояния между вершинами.

Построим оптимальный маршрут с использованием предложенной методики. Необходимо перевезти строительную технику из г. Санкт-Петербург в г. Колпино. Габариты груза (м): 25 x 3,15 x 4. Вес груза (т): 32.29

Таблица 4.5– Маршрут движения

№	Маршрут	Расстояние, км	Коэффициент состояния автомобильной дороги
1	Воздухоплавательная ул. – Ново-Рыбинская ул.	1,7	0,74
2	Ново-Рыбинская ул. - Рыбинская ул.	0,75	0,85
3	Рыбинская ул. – наб. Обводного канала	0,72	0,84
4	наб. Обводного канала – Митрофаньевское ш.	3,2	0,64
5	Митрофаньевское ш. – Кубинская ул.	4,2	0,84
6	Кубинская ул. - наб. Обводного канала	7,2	0,44
7	наб. Обводного канала – Старо-Петергофский пр.	3,3	0,66
8	Старо-Петергофский пр. – Двинская ул.	1,8	0,76
9	Двинская ул. - мост Ст. Разина	1,1	0,82
10	мост Ст. Разина – ул. Ст. Разина	0,26	0,52
11	ул. Ст. Разина – Рижский пр.	0,91	0,82
12	Рижский пр. – Старо-Петергофский пр.	0,58	0,66
13	Старо-Петергофский пр. – Старо-Калинкин мост	0,91	0,82
14	Старо-Калинкин мост – пр. Римского-Корсакова	1,2	0,74

15	пр. Римского-Корсакова – Английский пр.	0,61	0,72
16	Английский пр. – ул. Декабристов	0,89	0,78
17	ул. Декабристов – мост Декабристов	0,16	0,82
18	мост Декабристов – ул. Глинки	0,55	0,71
19	ул. Глинки – Поцелуев мост	1,2	0,24
20	Поцелуев мост – ул. Труда	0,68	0,36
21	ул. Труда – пл. Труда	0,22	0,44
22	пл. Труда – Благовещенский мост	0,48	0,96
23	Благовещенский мост – наб. Л.Шмидта	1,4	0,88
24	наб. Л.Шмидта - наб. Макарова	3	0,88
25	наб. Макарова – Малый пр. В.О.	2,3	0,46
26	Малый пр. В.О. – 8-9 Линии В.О.	1,7	0,34
27	8-9 Линии В.О. – Уральская ул.	2,1	0,42
28	Уральская ул. – ул. Кораблестроителей	1,7	0,34
29	ул. Кораблестроителей – Наличная ул.	3,1	0,62
30	Наличная ул. – ул. Нахимова	1,2	0,24
31	ул. Нахимова – Прибалтийская пл.	1,7	0,34
32	Прибалтийская пл. - Шкиперский проток	1,7	0,34
33	Шкиперский проток – Наличная ул.	1,3	0,26
34	Наличная ул. – Кожевенная линия	3,1	0,62
35	Кожевенная линия – Косая линия	0,71	0,42
36	Косая линия – 22-23 Линии В.О.	2,2	0,44
37	22-23 Линии В.О. – наб. Л.-та Шмидта	1,6	0,32
38	наб. Л.-та Шмидта – Университетская наб.	2,2	0,44
39	Университетская наб. - 1 я линия В.О.	1,7	0,34
40	Кадетская и 1 я линия В.О. – наб. Макарова	1,5	0,30
41	наб. Макарова и обратно до ул. Степана Разина	5,7	0,44
42	ул. Степана Разина - мост Ст. Разина	0,26	0,52
43	мост Ст. Разина – наб. Обводного канала	3,8	0,76
44	наб. Обводного канала – Лифляндская ул.	4,3	0,86
45	Лифляндская ул. – Калинина ул.	2,1	0,42
46	Калинина ул. – Трефолева ул.	1,6	0,32
47	Трефолева ул. - ул. Маршала Говорова	1,6	0,32
48	ул. Маршала Говорова – пр. Маршала Жукова	5,9	0,68
49	пр. Маршала Жукова	8,8	0,76

	– Лифляндская ул.		
50	Лифляндская ул. – Обводный канал	5,9	0,38
51	Обводный канал – Заозерная ул.	2,2	0,44
52	Заозерная ул. – Киевская ул.	1,6	0,32
53	Киевская ул. – Ново-Рыбинская ул.	2,3	0,46
54	Ново-Рыбинская ул. – Воздухоплавательная ул.	0,35	0,70
55	Воздухоплавательная ул. – Витебский пр.	8,3	0,66
56	Витебский пр. – Московское ш.	11	0,22
57	Московское ш. – Колпинское ш.	4,2	0,84
58	Колпинское ш.- г. Колпино	5,5	0,11

Расстояние в одну сторону: 142,24 км. Время: 2,85 ч.

Для данной перевозки был выбран тягач марки MAN TGS 41.660 и полуприцеп STGKV 3041 SA.

Масса автотранспортного средства без груза: 33,71 т.

Общая масса с грузом: 66.0 т.

Перевес по разрешенной общей массе: 22.0 т, что составляет 50 % от разрешенной максимальной массы (Разрешенная масса =44 т).

Груз распределен равномерно, поэтому перевеса по осям нет.

Предполагаемая максимальная скорость движения: 50 км/ч.

Габариты АТС (м): 29 х 4 х 4.

Минимальный радиус поворота - 14 м.

Так как главной задачей расчета перевозки ТГ является посмотреть разницу размера вреда при расчете по действующей методике и по предыдущей методике, то в данном примере будет рассчитан только размер вреда.

Тарифы для двух методик представлены в таблице

Таблица 4.6 – Размер возмещения вреда

	Действующая методика	Предлагаемая методика
Размер ущерба за превышение предельно допустимой массы транспортного средства на 50 % (руб. на 100 км)	4265	470
Размер ущерба для данной перевозки за 1 оборот	12133,07	1365,5

Рисунок 4.11 – Основная часть программы нахождения оптимального пути на дорожной сети, представленной в виде графа

```

1 function E_Plot_Seq_Graf(W_s, trace1, s)
2 [n, m] = size(W_s);
3 E = [];
4 if size(W_s, 2) == n
5     W_inf = ones(n, n) * Inf;
6     for k = 1:n
7         W_inf(k, k) = 0;
8     end
9     W_inf_1 = tril(W_inf);
10    W_s = tril(W_s) + W_inf_1;
11 end
12 for i = 1:n
13     for j = 1:n
14         if W_s(i, j) < Inf
15             E = [E; i, j, W_s(i, j)];
16         end
17     end
18 end
19 [n1, m1] = size(E);
20 sp = find(E(1,:)) == E(2,:);
21 Ep = E(sp, :);
22 m1 = size(Ep, 2);
23 E2 = E(sp, setdiff(1:m1, sp));
24 E = E2;
25 [n1, m1] = size(E);
26 x = 0.20 * min(E(:, 2)); % радиус круга и стрелочки
27 t = linspace(0, 2 * pi, m1);
28 w = zeros(m1, 2);
29 for k = 1:m1
30     w(k, 1) = x * cos(t(k));
31     w(k, 2) = x * sin(t(k));
32 end
33 left = 200;
34 bottom = 200;
35 width = 600;
36 height = 400;
37 set(gcf, 'Position', [left bottom width height], 'Color', 'w');
38 hold on;
39 for k = 1:m1
40     plot(V(k, 1) + w(k, 1), V(k, 2) + w(k, 2), 'k-');
41     s1 = 'a';
42     s2 = num2str(k);
43     text(V(k, 1) - 0.05 * length(s), V(k, 2), s);
44 end
45 for k = 1:m1
46     MyE = V(E(1, 2, k), 1:2);
47     dx = MyE(2, 1) - MyE(1, 1);
48     dy = MyE(2, 2) - MyE(1, 2);
49     cos_a = dx / sqrt(dx^2 + dy^2);
50     sin_a = dy / sqrt(dx^2 + dy^2);
51     del1 = [x * cos_a, x * sin_a];
52     MyE(1, 1) = MyE(1, 1) + del1;
53     MyE(2, 1) = MyE(2, 1) - del1;
54     w0 = MyE(2, 1); y0 = MyE(2, 2);
55     x1 = w0 - x * cos_a;
56     y1 = y0 - x * sin_a;
57     x2 = w0 + x * cos_a;
58     y2 = y0 + x * sin_a;
59     patch([x0 w0 w1], [y0 y2 y1], 'b');
60     plot([MyE(1, 1) MyE(2, 1)], [MyE(1, 2) MyE(2, 2)], 'k-');
61     s = num2str(E(2, k));
62     lam = 1/2;
63     hh = sum((MyE(1, 1) + lam * MyE(2, 1)) / (1 + lam), (MyE(1, 2) + lam * MyE(2, 2)) / (1 + lam), s);
64     set(hh, 'color', 'b', 'FontSize', 'Times New Roman', 'FontStyle', 'italic', 'fontWeight', 'bold');
65 end
66 VL = V(trace1, 1);
67 for k = 1:length(VL) - 1
68     axis('equal')
69     axis off

```

Рисунок 4.12 – Функция, отвечающая за рисование графа с указанием оптимального маршрута

```

1 function [ddist, trace1] = f_short_dist(w, s, t)
2 % ФУНКЦИЯ f_short_dist РЕАЛИЗУЕТ АЛГОРИТМ ПОИСКА КРАТЧАЙШЕГО
3 % ПУТИ/МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ
4 % w - весовая матрица W
5 % s - начало пути
6 % t - конец пути
7 % ddist - вес кратчайшего пути/минимальной стоимости
8 % trace1 - вектор кратчайшего пути/минимальной стоимости
9
10 [dr, dc] = size(w); dist = inf * ones(dr, 1);
11 pred = -ones(dr, 1); trace1 = [];
12 dist(s) = 0; u = s; udr = u;
13 dvr = [1:u-1 u+1:dc];
14
15 while (u ~= t) && ~isempty(dvr)
16     V = find(w(u, :) < inf);
17     if ~isempty(V)
18         p = zeros(1, length(V));
19         p = dist(u) + w(u, V);
20         pp = p - ddist(V);
21         dist(V(pp)) = p(pp);
22         pred(V(pp)) = u;
23     end;
24     [istar, idstar] = min(dist(dvr));
25     u = dvr(idstar(1));
26     udr = end + 1;
27     dvr = dvr(dvr ~= u);
28 end;
29
30 ddist = dist(t);
31 if (ddist < inf)
32     path1(1) = t; u = t; k = 1;
33     while (u ~= s)
34         k = k + 1;
35         v = pred(u);
36         path1(k) = v;
37         u = v;
38     end;
39     trace1 = path1(end:-1:1);
40 end

```

Рисунок 4.13 – Функция, реализующая алгоритм Дейкстры, с указанием оптимального маршрута

Таким образом, разработанные практические рекомендации по оптимизации перевозок тяжеловесных грузов автомобильным транспортом представлены на рисунке 4.14.

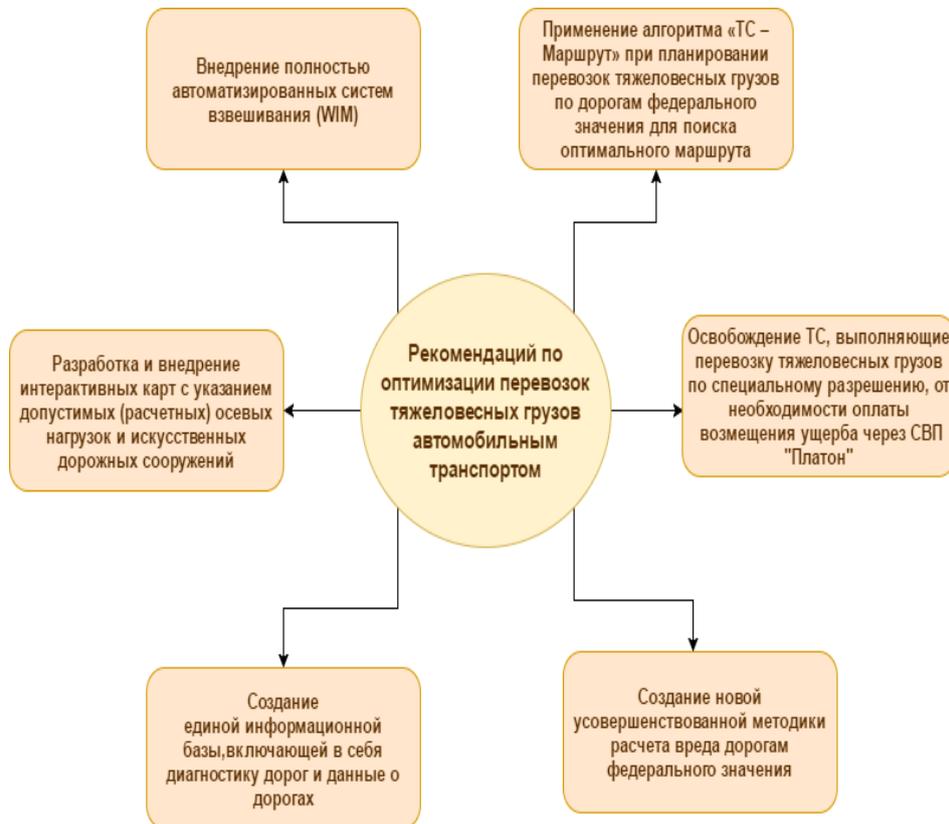


Рисунок 4.14 – Практические рекомендации по оптимизации перевозок тяжеловесных грузов автомобильным транспортом

4.2.2. Автоматизированная система весового контроля движения транспортных средств на основе применения матричного QR-кода и имитационная система контроля данных электронных систем управления транспортных средств

Одним из критериев перехода на новый уровень в развитии технологии использования транспортных средств является внедрение непрерывного мониторинга и условий их эксплуатации. Наиболее перспективным направлением научных исследований в мире является разработка интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Такие системы обеспечивают возможность интеллектуального взаимодействия с единичными ТС либо с транспортным потоком, посредством информационных и коммуникационных технологий с целью обеспечения автоматического весового контроля движения и повышения эффективности использования наземного транспорта. Повышение уровня весового контроля на дорогах общего пользования регионального значения Санкт-Петербурга – это глобальный вопрос, который не решить только увеличением количества ПВК на всех основных магистралях города. В данном вопросе требуется системный подход и технические решения.

Для решения задач, связанных с повышением уровня организации весового контроля с применением матричного QR-кода, как наиболее прогрессивной, в данной работе предлагается создание системы состоящей из стационарных пунктов весового контроля на основных магистралях города, по которым следует весь транзитный транспорт и транспорт обслуживающий основные грузообразующие и поглощающие зоны города, а также из передвижных пунктов весового контроля, задача которых сводиться к защите дорог и улиц СПб от большегрузных ТС передвигающихся по городской УДС с нарушением допустимых нагрузок на дорожное полотно. Каждый из пунктов должен быть оборудован в соответствие с целью организации весового контроля с применением матричного QR-кода.

Разработанный способ весового контроля движения транспортного средства на улично-дорожной сети (патент на полезную модель №175175, 2017) может быть использован для совершенствования контроля тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств на основе передачи информации о техническом состоянии транспортного средства, наличии страхового полиса, текущем маршруте его движения и внесении платы за парковку, проезда по дороге.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является совершенствование контроля за движением транспортного средства на основе передачи переменной информации от матричного QR-кода транспортного средства к системе опознавания транспортных средств о техническом состоянии транспортного средства, наличии страхового полиса, текущем маршруте его движении, внесении платы за парковку, проезда по платной дороге и других данных.

Сущность изобретения заключается в следующем: автоматизированная система контроля данных транспортных средств с применением матричного QR-кода состоит из считывателя с передачей данных, последовательно включенных между Интернет-выходом считывателя радиометки опознавания транспортных средств и сервера пользователя мультиплексора, запросчика/ответчика соединения с действующей на данной территории корпоративной или Интернет радиосвязью, приемо-передатчика по выбранному радиоканалу связи или в сеть Интернет с последующей оперативной доставкой пользователям. Согласно изменению, автоматизированная система контроля административных нарушений на базе беспроводной оптической связи передачи информации дополнительно снабжена передатчиком широкополосного радиоканала на транспортное средство, приемником широкополосного радиоканала электронного блока управления транспортного средства.

Задачей, на решение которой направлено изобретение, является совершенствование контроля за движением транспортного средства на основе передачи переменной информации от матричного QR-кода транспортного

средства к системе опознавания транспортных средств о техническом состоянии транспортного средства, наличии страхового полиса, текущем маршруте его движении, внесении платы за парковку, проезда по платной дороге и других данных.

Система автоматического контроля движения транспортных средств при применении матричного QR-кода, в которой между Интернет-выходом камеры системы опознавания транспортных средств, последовательно включены преобразователь, запросчик/ответчик и приемо-передатчик по выбранному радиоканалу связи в сеть Интернет с последующей оперативной доставкой переданной информации пользователям, передатчик широкополосного радиоканала на установленный на транспортном средстве приемник широкополосного радиоканала. Изобретение может быть использована для передачи оперативной информации от транспортного средства о его техническом состоянии, наличии страхового полиса, текущем маршруте его движения, внесении платы за проезд по дороге. Изобретение может быть использована для передачи информации к транспортному средству и обратно, о возможных затруднениях дорожного движения на пути дальнейшего следования, принуждения к снижению скорости движения, оповещения о нарушении правил парковки, контроля за ситуацией на дороге, предупреждения аварий и оперативного нахождения угнанных автомобилей.

Техническое решение данного способа контроля движения транспортного средства заключается в том, что между Интернет-выходом камеры системы опознавания транспортных средств, включены последовательно преобразователь, запросчик-ответчик подключения к действующей на данной территории Интернет-радиосвязи, и приемо-передатчик по выбранному радиоканалу связи в сеть Интернет в существующие информационные сети и в локальные корпоративные сети, передатчик широкополосного радиоканала на установленный на транспортном средстве приемник широкополосного радиоканала.

В предложенном способе контроля движения транспортного средства решена задача повышения эффективности весового контроля движения транспортных средств за счет обеспечения передачи переменной информации данных от транспортного средства к созданной многофункциональной автоматизированной системой контроля.

Предложенное изобретение (рис.4.15), работает согласно следующему описанию.

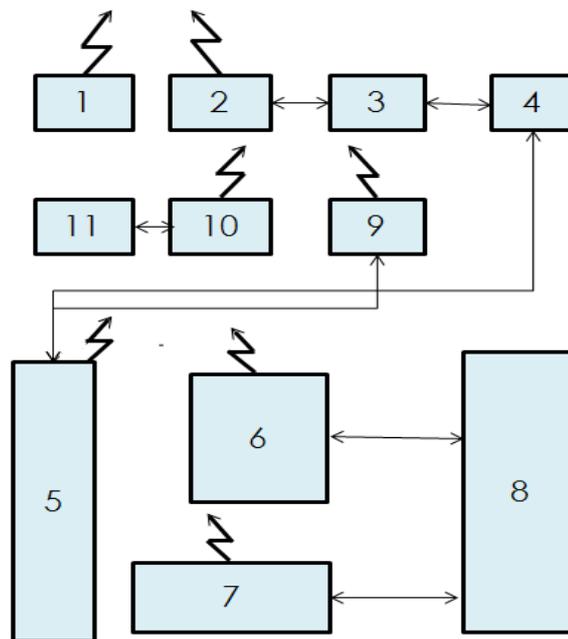


Рисунок 4.15 Система автоматического контроля движения транспортных средств при применении матричного QR-кода

Сигнал от находящемся на лобовом стекле транспортного средства QR-кода 1, поступает на камеру 2, последовательно к которой, например, к выходу по стандарту RS-232, присоединен преобразователь 3 выбора одного из радиоканалов: Wireless USB, GPS и др. - с последующей передачей сигналов камеры 2 через запросчик/ответчик 4 на снабженный трансмиттером (не показан) приемо-передатчик 5, обеспечивающий радиосвязь, с передачей от QR-кода 1 информации о техническом состоянии транспортного средства, маршрута его движения и сведений об оплате проезда по дороге, через корпоративные 6, например, МВД или Интернет защищенные 7 радиоканалы как с

автоматизированной системой ДПС 8, так и с локальными пользователями по радиоканалам, имеющим устойчивую работоспособность в условиях эксплуатации (помехи, передача с подвижных объектов и др.) предложенного изобретения. Сигнал от передатчика широкополосного радиоканала 9 поступает на установленное на транспортном средстве(не показано) приемник широкополосного радиоканала 10 и обрабатывается электронным блоком управления 11.

Дополнительно, предложенный данный способ контроля движения транспортного средства содержит радар и фотосчитыватель (не показаны). Например, радар фиксирует превышение скорости транспортным средством. С выхода радара на преобразователь 3 поступает синхроимпульс которым включаются: радиометка 1 и фотосчитыватель, объединенные по общей цепи управления. Документируется нарушение и по переданным в контрольные отделы пользователей данным, решается вопрос о предупреждении водителя или другое.

Таким образом , использование данного автоматизированного способа весового контроля движения транспортного средства позволит обеспечить :

1. Передачу переменной информации о транспортном средстве
2. Контроль технического состояния автомобиля
3. Контроль перевозимых транспортом грузов
4. Контроль весогабаритных параметров автомобиля
5. Обеспечение идентификации транспортного средства при парковке
6. Идентифицировать автомобиль с загрязненными по погодным условиям или намеренно номерными знаками;
7. Упорядочить дорожное движение;
8. Ускорить расчеты при движении по платным дорогам.
9. Контроль наличия страхового полиса
10. Обмен информацией с другими устройствами системы по локальной сети с использованием стандартного интерфейса.

Использование матричного QR-кода для осуществления весового контроля предполагает, установку QR-кода сотрудниками ГИБДД на все большегрузные

АТС, двигающиеся по дорогам общего пользования. После установки QR-кода, сотрудники ГИБДД осуществляют процесс программирования и записи информации на нее с помощью автоматической системы фиксации нарушений. Весь объем записанной информации, а также идентификатор метки заносятся в базу данных (БД) ГИБДД.

Таким образом, можно перейти к организации самого пункта весового контроля, начнем со стационарного. СПВК в настоящее время имеет схему представленную на рисунке 4.16. СПВК применяемы в настоящее время на дорогах Санкт-Петербурга состоят из следующих компонентов: 1-дорога общего пользования; 2-полоса торможения; 3-здание СПВК; 4-стационарные весы для взвешивания АТС; 5-полоса разгона.

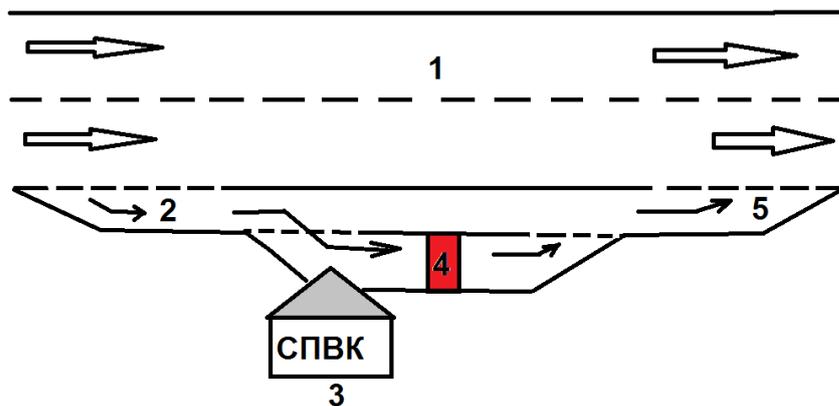


Рисунок 4.16 – Принципиальная схема СПВК.

Работают данные СПВК по принципу выборочной проверки большегрузных ТС. Ни пропускная способность, ни техническая оснащённость данных пунктов не позволяют проверить 100% грузовых автомобилей движущихся по дороге. Сотрудники СПВК, ориентируясь по внешним признакам, выборочно останавливают ТС, двигающиеся с нарушением весовых или габаритных параметров. Далее эти автомобили проходят процедуру контроля и замера параметров, по результатам этих измерений (весовых и габаритных), если есть нарушения, то владельцам ТС выписывается штраф, который необходимо оплатить в течении двух месяцев, если же ТС движется без нарушений, то

перевозчик просто теряет драгоценное для перевозки время на прохождение всех процедур весового контроля.

В данной работе, для повышения уровня организации СПВК, предлагается схема представленная на рисунке 4.17. Суть которой заключается в установке рамки идентификации перед постом весового контроля. Система автоматической фиксации, установленный на рамке, считывает информацию с QR-кода и передает ее вместе с данными фотовидеофиксации на СПВК.

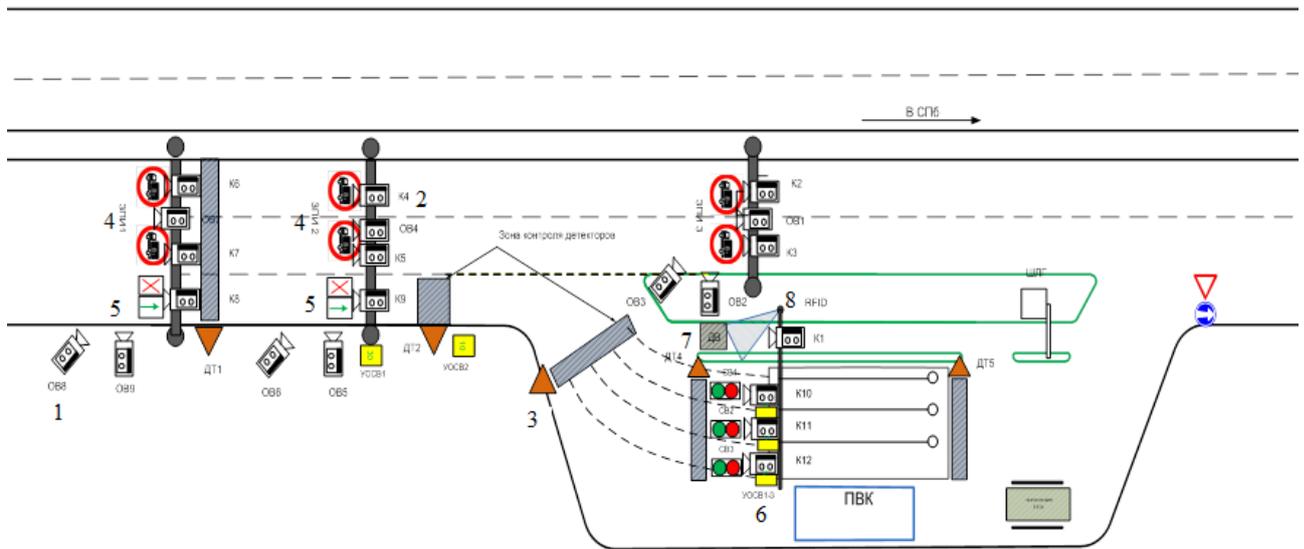


Рисунок 4.17 – Предлагаемая схема организации СПВК с использованием матричного QR-кода.

1 – обзорные видеокамеры, 2 – видеодетекторы фиксации нарушений, 3 – радиолокационные детекторы транспорта, 4 – знаки переменной информации, 5 – светофоры реверсивные, 6 – устройства обратной связи с водителем, 7 – динамические весы, 8 – считыватели матричного QR-кода

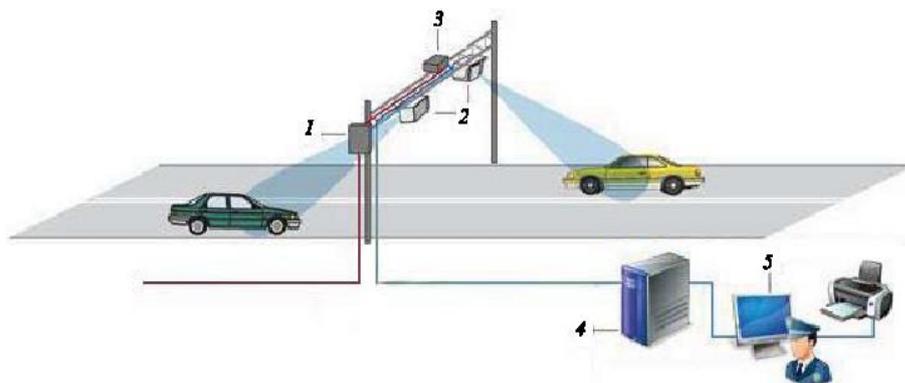


Рисунок 4.18 – Схема работы стационарного модуля идентификации:

1 - источник электропитания переменного тока; 2 - модуль идентификации; 3 - концентратор; 4 - сервер БД; 5 - рабочее место оператора.

Информация, полученная от системы фотовидеофиксации и параллельно от системы контроля матричного QR-кода, оперативно передается в центр управления СПВК и заносится в БД ГИБДД. Сотрудники СПВК опираясь на данные переданные с рамки, из всего потока большегрузных ТС останавливают и отправляют на контрольное взвешивание только те, которых нет данных о прохождении весового контроля при применении матричного QR-кода ни на одном из постов СЗФО. Данные записанные на матричный QR-код должны содержать следующую информацию:

- ФИО владельца ТС;
- данные ТС и ГРЗ;
- информацию о штрафах (оплаченных и нет);
- информацию о предыдущем прохождении весового контроля.

Остановленные ТС проходят стандартную процедуру взвешивания, после которой сотрудник СПВК, с помощью записывающего устройства фиксирует информацию о прохождении ТС контроля и его результаты. Записываемая информация несет в себе следующие данные: время, место, результаты прохождения контроля, выписанные штрафы.

Далее владелец ТС обязан оплатить штраф в течении двух месяцев, так же появляется возможность приблизительно оценить расстояние, которое авто преодолело с перегрузом, т.к. данные о перегрузе будут переданы на все посты весового контроля СЗФО, и при следующей остановке ТС на ПВК, к штрафу выписанному при первом взвешивании, присовокупиться штраф за пройденное расстояние, рассчитанный по кратчайшему маршруту между двумя ПВК.

Что касается передвижных пунктов весового контроля, то схема их функционирования тоже не понесет сильных изменений, предложенный вариант отличается от используемого на сегодняшний день, только внедрением нового оборудования без существенных изменений старого. На ППВК предлагается использовать мобильный считыватель. Который будет выставляться на обочине за

30-50 метров от поста весового контроля. Данные с мобильной системы автоматической фиксации моментально передаются на ППВК и сотрудник ГИБДД имеет возможность выборочно останавливать ТС, у которых отсутствуют данные о прохождении весового контроля или данные которых говорят о превышении допустимых нагрузок на дорожное полотно.

Далее остановленные ТС проходят поосное взвешивание на мобильных весах, которыми оснащена машина ППВК (рис. 4.19), данные полученные с этих весов записываются на матричный QR-кода . При наличии нарушения весовых параметров, водителю выписывается штраф. Полученная информация так же передается в общую базу данных ГИБДД СЗФО.

На рисунке 4.18 представлена схема работы мобильного модуля идентификации на участке автомобильной дороги. Согласно данной схеме оперативная информация о ТС с мобильного модуля идентификации в реальном времени передается по беспроводным каналам связи. При этом по клиентским каналам связи информация поступает на ППВК, а по магистральному каналу связи - на центральный пост. Оборудование беспроводной точки доступа располагается на вышке опорной сети передачи информации.



Рисунок 4.19 – Схема работы мобильного модуля идентификации

В состав схемы организации весового контроля с применением матричный QR-кода (рис.4.20) входят четыре основных узла, которые осуществляют контроль за объектом идентификации и передачу полученной информации:

радарный датчик, видеокамера, считыватель матричного QR-кода, приемник широкополосного канала. Управление всеми узлами модуля идентификации осуществляется микропроцессором по трем шинам: управляющей, адресной и шине данных. Достоинства предложенной существующей схемы организации весового контроля с применением матричный QR-кода приведены в табл.4.7.

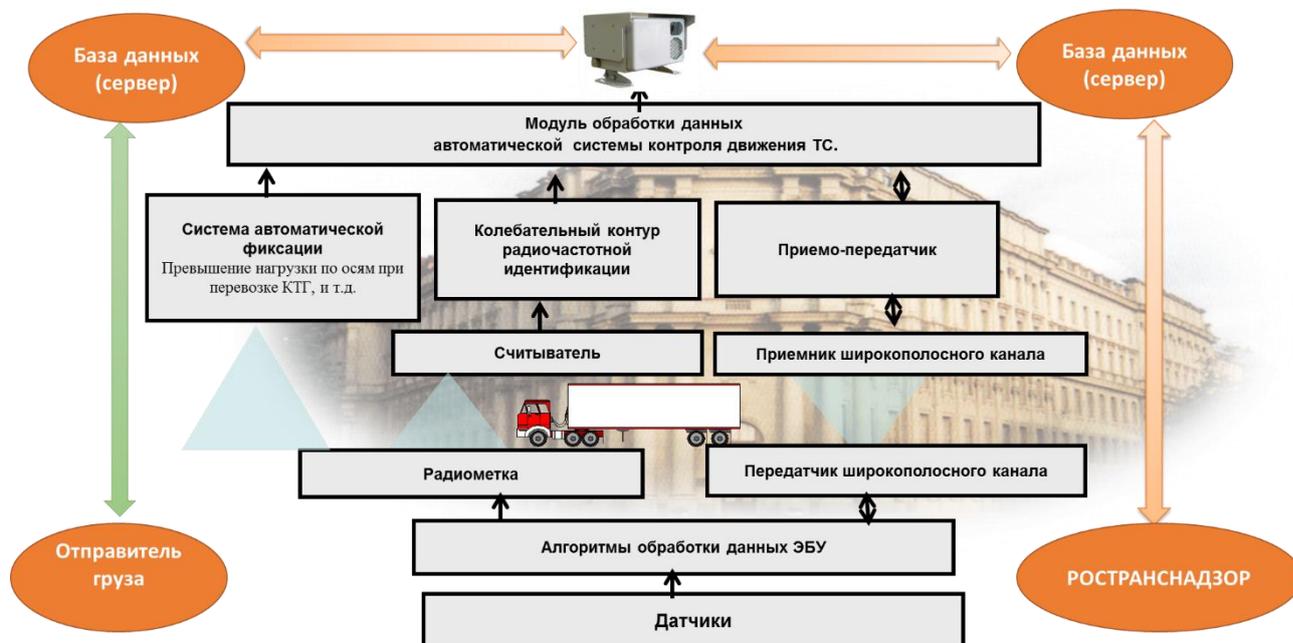


Рисунок 4.20- Схема организации весового контроля с применением матричный QR-кода

Таблица 4.7 – Достоинства предложенной существующей схемы организации весового контроля с применением матричный QR-кода.

Существующая ситуация:	После внедрения матричный QR-кода:
Большая роль человеческого фактора при выборе ТС для прохождения весового контроля	Исключение человеческого фактора благодаря использованию матричного QR-кода
Контроль проходят максимум 30% ТС	Новая схема позволит контролировать до 85% ТС
Штрафы не покрывают ущерб нанесенный дорожному полотну	Более объективный расчет оплаты в счет возмещения вреда, причиненного дороге при перевозке КТГ с учетом снижения негативного воздействия
СПВК выполняет только две функции: весовой и габаритный контроль	На пункты СПВК возможно возложить функции ГИБДД, благодаря интеграции

	фотовидеосистем и радаров в модуль идентификации
Затрата времени работы ПВК на ТС движущихся без нарушений	Добросовестные перевозчики не тратят время на прохождение весового контроля
Сложная система документооборота (увеличение времени простоя ТС из-за ожидания фиксации нарушения)	Система документации упрощается благодаря общей БД ГИБДД и скорости записи данных на матричного QR-кода
Каждый пункт работает автономно	Система ПВК, глобальный контроль за ТС
Перевозчики не боятся ответственности т.к. нет серьезного контроля, а штрафы несущественны	Уменьшение % нарушений в связи с ужесточением контроля и повышением объективности штрафов
Низкий уровень контроля за ТС движущихся по УДС СПб с нарушениями весовых и габаритных параметров	Новые ППВК позволят ужесточить контроль за ТС на УДС СПб

Целями создания автоматической системы весового контроля (АСВК) с применением матричный QR-кода являются:

- автоматизировать и эффективно администрировать все процессы весового контроля;
- неотвратимость наказания для нарушителей весовых параметров транспортных средств;
- интеграция технологий весового контроля в единую интеллектуальную транспортную систему (ИТС), (рисунок 4.21);
- исключение «человеческого фактора» при фиксировании нарушений весовых параметров.



Рисунок 4.21 – Взаимодействие АСВК с ИТС

Для решения задач, связанных с повышением уровня организации весового контроля, предлагается дополнить данную систему датчиками контроля нагрузки на оси транспортного средства, на основании которых собирается максимально достоверная информация о проезжающем транспортном средстве, отвечающая требованиям местного законодательства. Собранная информация оформляется в так называемую транзакцию проезда, вычисляется тариф с учетом эксплуатационного коэффициента, происходит выставление счета или списание средств в случае использования предоплатной системы расчетов.

Известно, что рессорная подвеска деформируется по мере увеличения массы груза. Другими словами, автомобиль/прицеп "проседают", и происходит сближение рамы с колесной осью. Замеряя зазор между рамой и осью с помощью датчика весового контроля ДП-01, можно с высокой точностью измерить загруженность автомобиля. Таким образом, при "проседании" подвески изменяется угол наклона датчика, и, следовательно, выходной сигнал в электронный блок управления, который предназначен для сбора и обработки сигналов от датчиков, а также вывода информации на дисплей и передачи обработанных данных о весе перевозимого груза на устройства матричного QR-кода мониторинга транспорта.. Устройство по своим алгоритмам рассчитывает

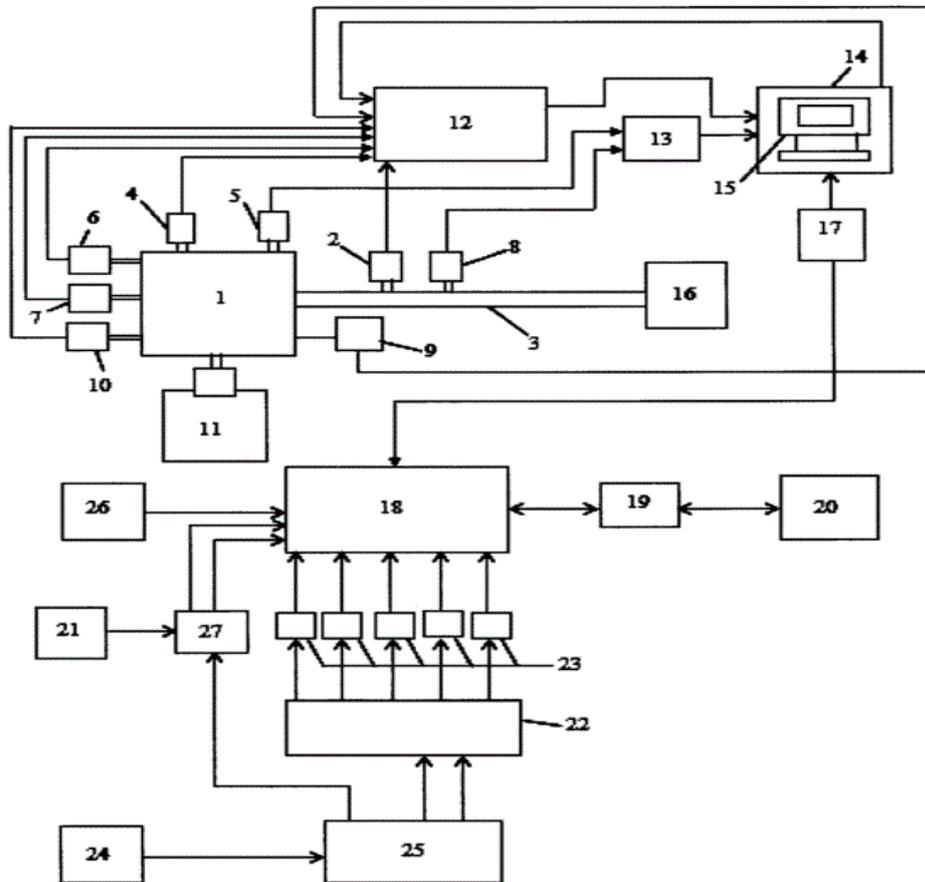
нагрузку на всех осях автомобиля и прицепа по двум датчикам, установленным на передней и задней осях тягача

При этом весовой компьютер отображает нагрузку на каждую ось машины – так же, как если бы датчики были установлены в каждую ось. Объединив возможности системы всегда возможно удаленно контролировать уровень загрузки транспортного средства, а также предупредить водителя в случае перегруза автомобиля.

В основе системы точного контроля нагрузки на ось и веса груза лежит электронный блок управления. К нему подключены специальные датчики нагрузки на ось, которые монтируются в элементы подвески автомобиля. Для калибровки электронного блока управления по контролю нагрузки на ось и веса груза была разработана полезная модель «Имитационная система контроля данных электронных систем управления транспортных средств» (Патент на полезную модель №175585, 2017). [73]

Данная полезная модель (рис.4.22) может быть использована для визуальной демонстрации работы электронных блоков управления двигателем, в частности для моделирования работы устройств и имитации различных неисправностей и аварийных ситуаций, позволяющих анализировать механизмы возникновения и методики выявления нештатных ситуаций при работе системы контроля данных. Задачей, на решение которой направлена полезная модель, является повышение информативности и точности получаемой информации за счет расширения типов исследуемых двигателей и способов исследований, что позволяет осуществлять диагностические, исследовательские, доводочные и лабораторные испытания. Сущность полезной модели заключается в следующем: имитационная система контроля данных электронных систем управления транспортных средств состоит из датчика частоты вращения коленчатого вала, датчика массового расхода топлива, датчика давления газов в цилиндре двигателя, датчика положения дроссельной заслонки, датчика детонации, датчика угловых отметок коленчатого вала, датчика концентрации кислорода, датчика

массового расхода воздуха и газоанализатора вредных выбросов в продуктах сгорания, установленных на испытуемом двигателе, электронного блока управления испытуемым двигателем, аналого-цифрового преобразователя, персонального компьютера с монитором.



Фиг. 1

Рисунок 4.22 Имитационная система контроля данных электронных систем управления транспортными средствами

Согласно изменению, имитационная система контроля данных дополнительно снабжена моделью электронного блока управления двигателем, его интерфейсом связи с персональным компьютером и монитором, имитатором ключа зажигания, генератором-имитатором сигналов вышеназванных датчиков, коммутатором указанных сигналов и блоком задания режимов.

Имитационная система контроля данных электронных систем управления транспортными средствами состоит из испытуемого двигателя 1 с установленными на нем датчиком 2 частоты вращения коленчатого вала 3, датчиком 4

массового расхода топлива, датчиком 5 давления газов в цилиндре двигателя 1, датчиком 6 положения дроссельной заслонки (на чертеже не показана), датчиком 7 детонации, датчиком 8 угловых отметок коленчатого вала 3, датчиком 9 концентрации кислорода, датчиком 10 массового расхода воздуха и газоанализатором 11 вредных выбросов в продуктах сгорания. Заявляемая полезная модель содержит электронный блок управления 12 типа «Январь 5.1» испытуемым двигателем 1, аналого-цифровой преобразователь 13, персональный компьютер 14 с монитором 15, нагружающее устройство 16 и блок управления 17. Имитационная система контроля данных снабжена моделью электронного блока управления 18 на базе контроллера «Январь 5.1», ее интерфейсом связи 19 с персональным компьютером 20 и монитором (на чертеже не показан), имитатором ключа зажигания 21, генератором -имитатором 22 сигналов вышеназванных датчиков 2 и 4-10, коммутатором 23 указанных сигналов, блоком 24 задания режимов и устройством 25 управления работой. Заявляемая полезная модель снабжена устройством сопряжения 26 блока управления 17 и модели электронного блока управления 18 и устройством сопряжения 27 устройства 25 управления работой и модели электронного блока управления 18. Такое конструктивное решение заявляемой полезной модели расширяет типы исследуемых двигателей и способы исследований и позволяет осуществлять диагностические, исследовательские, доводочные и лабораторные испытания, что приводит к повышению информативности и точности результатов испытаний.

Имитационная система контроля данных электронных систем управления транспортных средств работает следующим образом.

При нажатии кнопки на блоке управления 17 включают персональный компьютер 14 с монитором 15 и электронный блок управления 12 типа «Январь 5.1» испытуемым двигателем 1. При повторном нажатии на указанную кнопку запускают двигатель 1. В электронный блок управления 12 с выходов следующих датчиков: датчика 2 частоты вращения коленчатого

вала 3, датчика 4 массового расхода топлива, датчика 6 положения дроссельной заслонки, датчика 7 детонации, датчика 9 концентрации кислорода и датчика 10 массового расхода воздуха, поступают значения параметров, характеризующих работу испытуемого двигателя 1, например значение частоты вращения коленчатого вала 3. Данная информация с электронного блока управления 12 передается в персональный компьютер 14, где обрабатывается программой СТР 2.15) и выводится на монитор 15: средние значения параметров за определенный промежуток времени в цифровом виде и текущие значения параметров в виде диаграмм в определенном масштабе. Одновременно сигналы с выхода датчика 8 угловых отметок коленчатого вала 3 в виде импульсов, соответствующих углам поворота коленчатого вала 3, поступают на вход аналого-цифрового преобразователя 13, а на другой его информационный вход поступает текущее значение давления газов в цилиндре двигателя 1 с выхода датчика 5. С выхода аналого-цифрового преобразователя 13 значение давления газов в цилиндре в цифровом виде поступает в персональный компьютер 14, где рассчитываются индикаторные показатели двигателя, в первую очередь, индикаторная работа двигателя и среднее индикаторное давление p_i , показывающие индикаторную работу двигателя на единицу его рабочего объема. По параметрам, поступающим с датчиков 2 и 4-10, судят о работе двигателя 1.

Затем нажатием соответствующих кнопок (на чертеже не показаны) на блоке задания режимов 24 оператор выбирает эксплуатационные режим работы двигателя. В зависимости от выбранного режима работы генератор-имитатор 22 выбирает количество, последовательность и величину сигналов, имитирующих сигналы с датчиков 2 и 4-10. Указанные сигналы поступают на вход модели электронного блока управления 18 на базе контроллера «Январь 5.1». На управляющий вход модели электронного блока управления 18 с блока задания режимов 24 поступает команда на работу модели электронного блока управления 18 в требуемом режиме для проверки работы макета (модели) двигателя. Полученные результаты с модели электронного блока управления

18 через ее интерфейс связи 19 поступают на персональный компьютер 20, где происходит анализ работы макета двигателя и его систем. Результаты анализа выводятся на монитор (на чертеже показан), где визуально наблюдают за работой макета двигателя.

Результаты работы испытуемого двигателя 1 посредством устройства сопряжения 26 передаются в модель электронного блока управления 18, откуда поступают в персональный компьютер 19, где осуществляется сравнительный анализ полученных данных при работе испытуемого двигателя внутреннего сгорания 1 и макета двигателя с целью определения его технического состояния.

Таким образом, разработанная полезная модель обеспечивает повышение информативности и точности получаемой информации за счет расширения типов исследуемых двигателей и способов исследований, что позволяет осуществлять диагностические, исследовательские, доводочные и лабораторные испытания.

4.3. Техничко-экономическая оценка предложений по комплексной оптимизации планирования перевозок тяжеловесных грузов автомобильным транспортом с учетом снижения воздействия на автомобильные дороги

Для понятия важности оптимизации и оценки методик возмещения расчет вреда, причиняемого дорогам регионального значения от перевозки ТГ, была построена схема (см. рис.4.23), показывающая влияние предложенной методики на экономическую эффективность перевозки ТГ, а также на экономику страны в целом.



Рисунок 4.23 – Схема влияния предложенной методики на экономическую эффективность перевозки КТГ и экономику страны

Для определения экономической эффективности перевозки КТГ с использованием предлагаемой методики, произведен расчет стоимости перевозки КТГ на региональных дорогах Санкт-Петербурга.

Первый вариант расчета – тарифная ставка по существующей методике, изложена в Постановлении Правительства РФ от 09.01.2014 № 12 "О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам

перевозки тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам Российской Федерации".

1. Расчет размера ущерба от проезда тяжеловесного автотранспортного средства

Характеристика тяжеловесного транспортного средства

Заявленное автотранспортное средство (АТС) представляет собой автопоезд в составе двухосного тягача и 2осного полуприцепа со следующими характеристиками:

- тягач МАЗ-642290-2122 и полуприцеп Гузнецк ТА-50
- общая масса груженого АТС- 34,75 т
- общая масса порожнего АТС- 19,75т
- распределение массы по осям (в тоннах)- 2,81х1,32х11,5х1,36х1,36 = 18,35 т
- расстояние между осями в метрах 2,9-1,4-11,5-1,36-1,36

Схема автотранспортного средства представлена на рисунке 4.24.

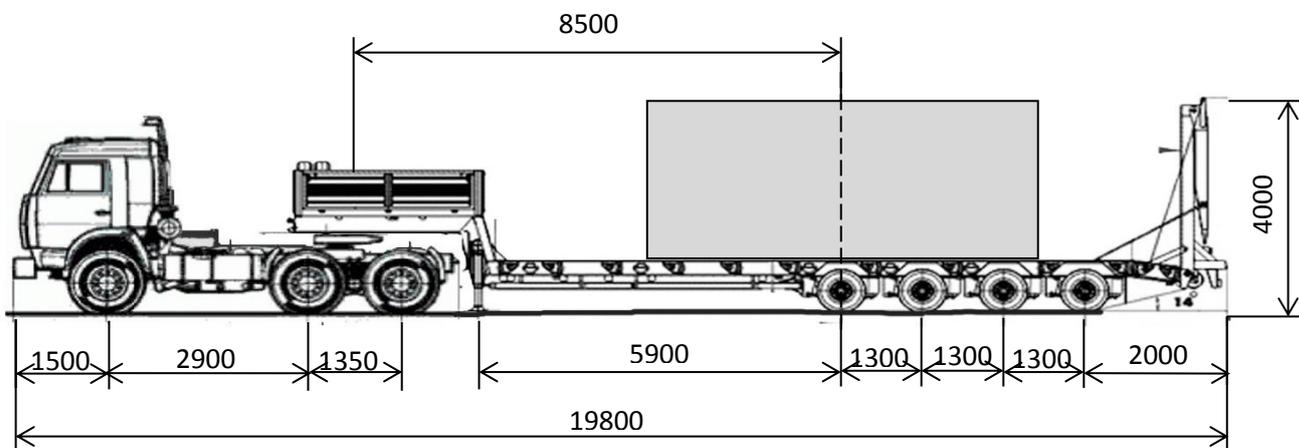


Рисунок 4.24 – Схема автотранспортного средства

Рассматривается 2 маршрута движения:

маршрут 1 – 1-ый Рыбацкий проезд - Белевский проспект;

маршрут 2 - Железнодорожный проспект – ул. Профессора Качалова.

Схемы маршрутов представлены ниже.



Рисунок 4.25 – Маршрут 1

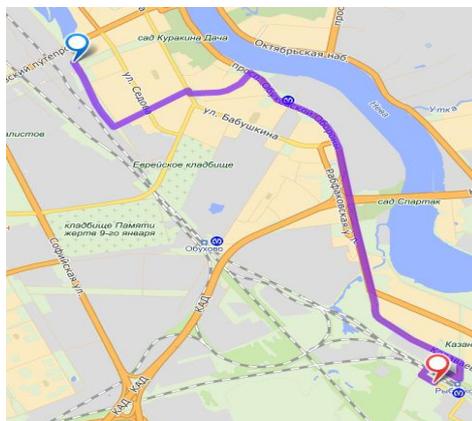


Рисунок 4.26 – Маршрут 2

Были проведены исследования дорожного полотна на 15-ти улицах Санкт-Петербурга. В результате получены данные по значениям модуля упругости (таблица 4.8) (E_f – фактический модуль упругости; $E_{тр}$ – требуемый модуль упругости).

Таблица 4.8

№п/п	Улицы	E_f , МПа	$E_{тр}$, МПа
1	Бокситогорская ул.	167,7	150
2	Железнодорожный пр.	131,8	170
3	пр.Лиговский	230,4	205
4	Автозаводская ул.	232,6	246
5	ул. Проф. Качалова	202,2	256
6	Промышленная ул.	146,8	302.5
7	Чугунная ул.	180,5	308,8
8	Южное ш.	206,5	337.8
9	пр. 9-го Января	218,6	356.6

10	1-й Рыбацкий проезд	240,0	386
11	ул. Латышских Стрелков	239,2	425.3
12	Белевский пр.	161,9	444.5
13	Зольная ул.	187,8	468.6
14	Ириновский пр.	205,1	491.4
15	Савушкина ул.	289,1	505.3

Величина требуемого модуля упругости согласно ОДН 218.1.052-2002 находится по формуле:

$$E_{mp} = E_{min} \cdot K_{np} \cdot K_{рег} \cdot K_z \cdot K_{си} \cdot 1/X_j \quad (4.6)$$

где E_{min} – минимально допустимый модуль упругости дорожной одежды;

K_{np} – коэффициент относительной прочности дорожной одежды (прил. 6, ОДН 218.1.052-2002);

$K_{рег}$ – региональный коэффициент;

K_z – расчетный коэффициент, зависящий от фактической интенсивности дорожного движения (прил. 6, ОДН 218.1.052-2002);

$K_{си}$ – коэффициент, учитывающий сопротивление конструктивных слоев дорожных одежд сдвигу и изгибу (принимается по прил. 6 ОДН218.1.052-2002);

X_j – параметр, зависящий от допускаемой вероятности повреждения покрытий (прил. 6 ОДН 218.1.052-2002).

На основании полученных данных был рассчитан коэффициент прочности:

$$K_{np} = E_{ф}/E_{mp} \quad (4.7)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9

№п/п	Улицы	Еф, МПа	Етр, МПа	Кпр
1	Бокситогорская ул.	167,7	150	1,12
2	Железнодорожный пр.	131,8	170	0,78
3	пр.Лиговский	230,4	205	1,12
4	Автозаводская ул.	232,6	246	0,95
5	ул. Проф. Качалова	202,2	256	0,79
6	Промышленная ул.	146,8	302.5	0,49
7	Чугунная ул.	180,5	308,8	0,58
8	Южное ш.	206,5	337.8	0,61
9	пр. 9-го Января	218,6	356.6	0,61
10	1-й Рыбацкий проезд	240,0	386	0,62
11	ул. Латышских	239,2	425.3	0,56

	Стрелков			
12	Белевский пр.	161,9	444.5	0,36
13	Зольная ул.	187,8	468.6	0,40
14	Ириновский пр.	205,1	491.4	0,42
15	Савушкина ул.	289,1	505.3	0,57

Фактическая величина приведенной суточной интенсивности на год обследования N_1 , согласно ОДН 218.046-01, определяется по формуле:

$$N_1 = f_{\text{пол}} \cdot (N_1 S_{\text{мсум1}} + N_2 S_{\text{мсум2}} + \dots + N_i S_{\text{мсумi}}) \quad (4.8)$$

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним (определяется по таблице 6.6. ОДН 218.046-01);

N_i – число проездов в сутки в обоих направлениях транспортных средств i -ой марки;

$S_{\text{мсумi}}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства i -й марки к расчетной нагрузке $Q_{\text{расч}}$, определяемый в соответствии с таблицей 6.7, Приложения 1 ОДН 218.046-01.

Минимальный модуль упругости

$$E_{\text{min}} = A + B \left[\lg \left(\gamma \times \omega \times N_1 \times \frac{q^{t_i-1}}{q-1} \right) - 1 \right] \quad (4.9)$$

где A и B – эмпирические коэффициенты, принимаемые для расчетной нагрузки: $A = 125$ МПа, $B = 68$ МПа;

γ – параметр, учитывающий суммарное число приложений расчетной нагрузки и принимаемый для облегченных дорожных одежд $\gamma = 0,148$;

ω – коэффициент, учитывающий продолжительность расчетного периода и агрессивность воздействия расчетных автомобилей в разных погодноклиматических условиях. Для Северо-западного региона, II ДКЗ, облегченной дорожной одежды: $\omega = 1,27$;

N_1 – среднесуточная интенсивность движения на полосу в расчетный период 1-ого года эксплуатации, приведенная к расчетным автомобилям, авт/сут.;

q – показатель роста интенсивности движения;

t_i – расчетный период эксплуатации дорожной одежды, годы.

Величину допускаемой вероятности повреждения покрытия (гдоп) определяют по формуле:

$$r_{\text{доп}} = 1 - K_n \quad (4.10)$$

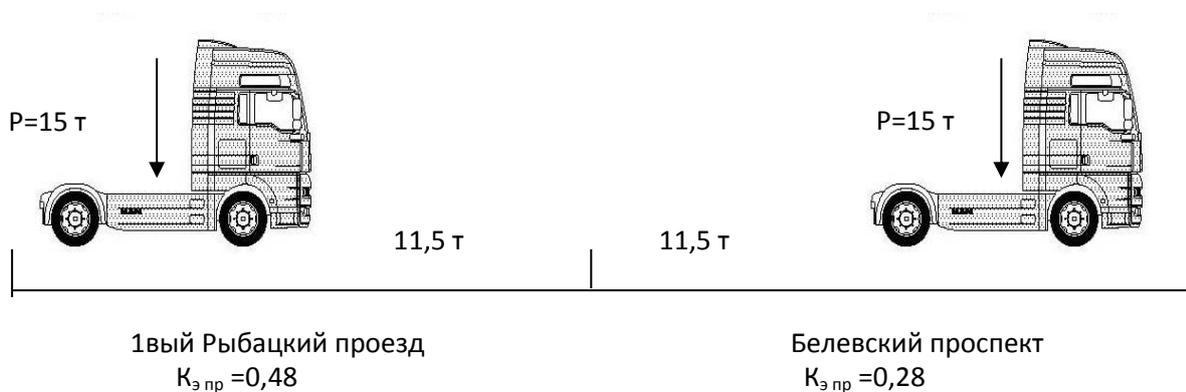
где K_n – расчетный или нормативный уровень надежности дорожной одежды.

Рассчитываем коэффициент прочности дорожной одежды и полученным коэффициентам прочности для данных маршрутов определяется допустимая нагрузка.

Таблица 4.10

Название улиц	Расчетный модуль упругости $E_{\text{тр}}$, МПа	Несущая способность на ось, т
1	2	3
Железнодорожный пр.	170	6т
ул. Профессора Качалова	256	10т
Белевский пр.	444,5	11.5т
1-й Рыбацкий проезд	386	11.5т

Расчет размера компенсации ущерба от маршрута движения (изменения эксплуатационного коэффициента по критерию прочности)



Допустимые нагрузки для данных улиц составляют более 11,5 т.

Согласно созданной методике размер вреда ($P_{\text{помі}}$), наносимого автомобильным дорогам, при превышении значений допустимых осевых нагрузок определяют:

для дорог с одеждой капитального и облегченного типов по формуле:

$$P_{\text{помі}} = (0,81 \cdot K_{\text{кап.рем.}} \cdot K_{\text{сез}} \cdot P_{\text{исх}} \cdot (1 + 0,2 \cdot \Pi^{1,92} \cdot (a / H - b))) / K_{\text{э пр}} \quad (4.11)$$

$K_{\text{э пр}}$ – эксплуатационный коэффициент, учитывающий критерий прочности дорожной одежды:

Исходя из условия

$$K_{\text{пр}} = E_{\text{д}} / E_{\text{тр}} \leq K_{\text{пу}}^{\text{тр}} \quad (4.12)$$

$$K_{\text{э}} = K_{\text{пр}} / K_{\text{пу}}^{\text{тр}} \quad (4.13)$$

Тогда для 1-го Рыбацкого проезда

$$K_{\text{э пр}} = 0,62 / 1,3 = 0,48$$

для Белевского проспекта

$$K_{\text{э пр}} = 0,36 / 1,3 = 0,28.$$

Расчет размера компенсации ущерба для 1-го Рыбацкого проезда:

$$P_{\text{помі}} = (0,81 * 1,07 * 1,24 * 8,4 * (1 + 0,2 \cdot \Pi^{1,92} (39,5/11,5 - 2,7))) / 0,48 = 21,63 \text{ руб./100 км}$$

Расчет размера компенсации ущерба для Белевского проспекта:

$$P_{\text{помі}} = (0,81 * 1,07 * 1,24 * 8,4 * (1 + 0,2 \cdot \Pi^{1,92} (39,5/11,5 - 2,7))) / 0,28 = 37,07 \text{ руб./100 км}$$

Вывод: согласно данным зависимостям, чем меньше коэффициент прочности $K_{\text{пр}}$, тем меньше эксплуатационный коэффициент, учитывающий критерий прочности дорожной одежды $K_{\text{э пр}}$.

В свою очередь размер возмещения ущерба $P_{\text{помі}}$ зависит от значения $K_{\text{э пр}}$: чем меньше эксплуатационный коэффициент, учитывающий критерий прочности дорожной одежды, тем большее значение размера возмещения ущерба. По итогам расчетов размер возмещения ущерба $P_{\text{помі}}$ увеличился на 42%.

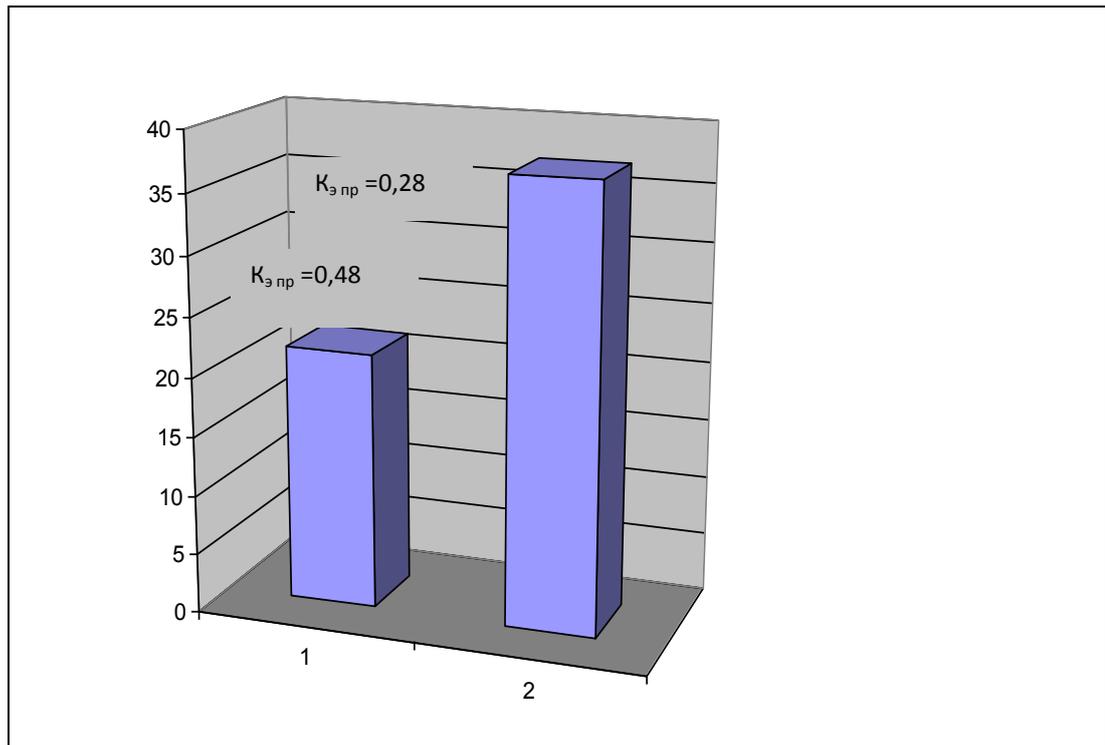
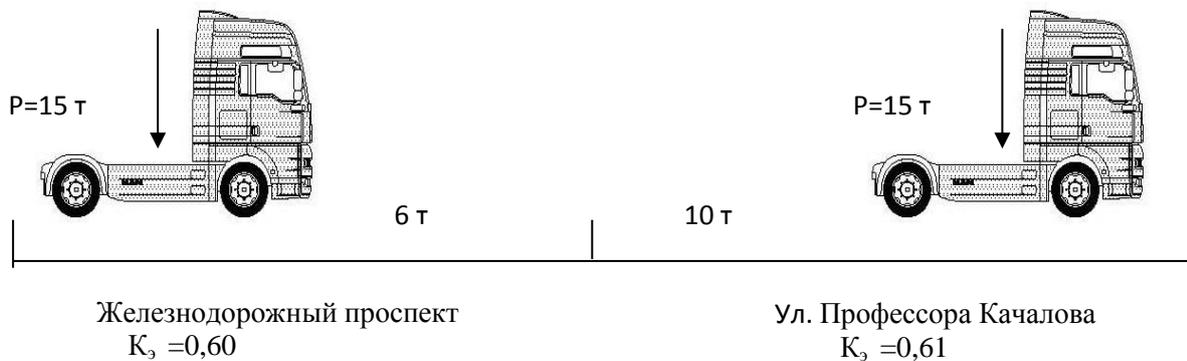


Рисунок 4.27 – Диаграмма зависимости размера возмещения ущерба от коэффициента прочности дорожного полотна

Расчет размера компенсации ущерба от превышения допустимой осевой нагрузки



Расчетные допустимые нагрузки для данных улиц составляют:

для Железнодорожного проспекта - до 6 т.

для ул. Профессора Качалова - от 6 до 10 т.

Расчет размера компенсации ущерба для *Железнодорожного проспекта*:

$$P_{\text{помі}} = (0,81 * 1,07 * 1,24 * 85,0 * (1 + 0,2 * 9^{1,92} * (7,3/6 - 0,27))) / 0,60 = 2110,18 \text{ руб./100 км}$$

Расчет размера компенсации ущерба для *ул. Профессора Качалова*:

$$P_{\text{помі}} = (0,81 * 1,07 * 1,24 * 8,4 * (1 + 0,2 * 5^{1,92} * (37,7/10 - 2,4))) / 0,61 = 226,68 \text{ руб./100 км}$$

Вывод: чем меньше допустимая осевая нагрузка для конкретной улицы, тем большее значение размера возмещения ущерба. По итогам расчетов размер возмещения ущерба $P_{\text{помі}}$ уменьшился на 89%.

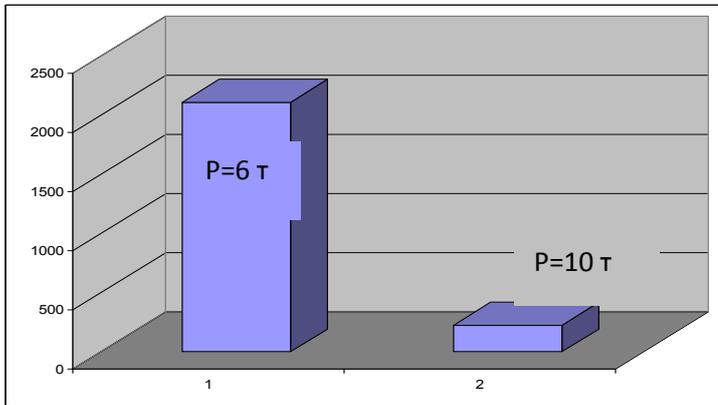


Рисунок 4.28 – Диаграмма зависимости размера возмещения ущерба от допустимой осевой нагрузки на ось автотранспортного средства

Таким образом можно сделать вывод, что более короткий маршрут не всегда менее затратный, и что затраты на возмещение ущерба могут быть гораздо выше затрат на переплату нескольких километров пути. Такая закономерность видна при любом из сравнений.

2. Оптимизация маршрута перевозок КТГ с учетом снижения негативного воздействия на автомобильные дороги

Для определения эффективности применения предлагаемого алгоритма «ТС – Маршрут» рассмотрим конкретную перевозку тяжеловесного груза (поворотной платформы) массой m_g равной 43 тонны между г. Санкт-Петербургом и Москвой, где ГО – «Петербургский Завод Арматуры» (СПб, Малоохтинский пр-кт, 68 В), а ГП – ТЭЦ 28 Мосэнерго (Москва, Ижорская ул., 13 строение 18). В качестве АТС для осуществления перевозки тяжеловесного груза будем использовать: тягач Volvo FH-TRUCK 6x4 и шестиосный полуприцеп 99396 (Рис. 4.29) Данные о фактической массе автопоезда, количестве осей и распределению осевой нагрузки представлены в таблице 4.11. Базовый расход дизельного топлива для тягача 24 л

на 100 км, расход топлива для полностью снаряженного автопоезда с грузом и равен 103 л/100км, цена литра дизельного топлива 38,17 руб.

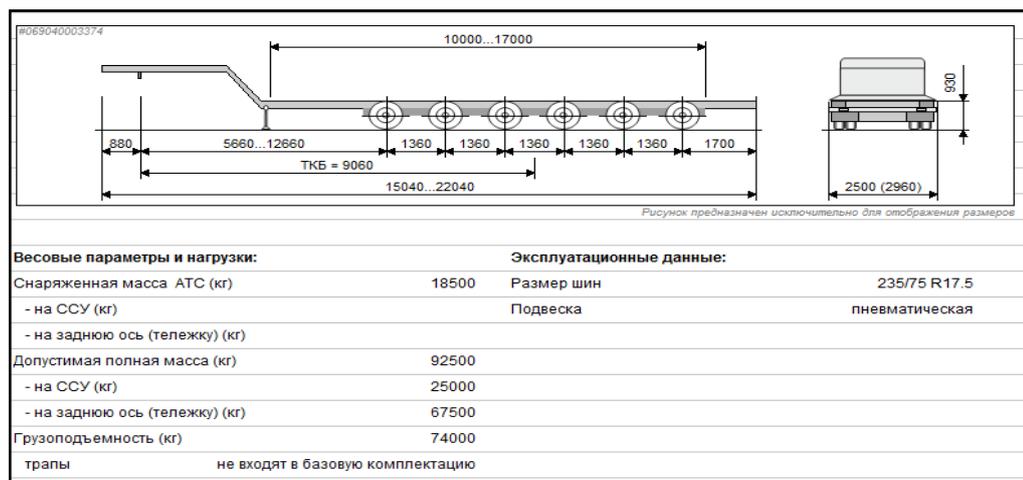


Рисунок 4.29 – Схема и характеристики полуприцепа 99396

Таблица 4.11 – Отрывок из заявления на получение специального разрешения

Параметры автопоезда(ТС)		
Масса ТС с грузом (т)	69,89	
Расстояния между осями (м)	3,2 – 1,37 – 7,88 – 1,36– 1,36 – 1,36– 1,36 – 1,36	
Нагрузки на оси (т)	6,789 – 8 (2-х ск.) – 8 (2-х ск.) – 7,833 (2-х ск.) – 7,833 (2-х ск.) – 7,833(2-х ск.) – 7,833 (2-х ск.) – 7,833(2-х ск.) – 7,833 (2-х ск.)	
Габариты автопоезда (ТС)		
Длина (м): 22	Ширина (м): 3,4	Высота (м): 4,49
Необходимость автомобиля сопровождения (прикрытия)	нет	
Предлагаемая максимальная скорость движения ТС (км/ч)	60	

Рассмотрим два варианта доставки груза от пункта ГО до пункта ГП. Первый вариант маршрута построим на основе первичной оценки дорожной сети между Санкт-Петербургом и Москвой и назовем его маршрут №1. Данный маршрут будет проходить через территорию дорог федерального значения КАД, М10 – «Россия», МКАД и региональных и местных дорог г. Санкт-Петербурга и г. Москвы (рисунок 4.29). Для построения второго варианта маршрута СПб – Москва по алгоритму «ТС – Маршрут» представим варианты проезда между ГО и

ГП в виде ориентированного графа с указанием кратчайшего по расстоянию маршрута (рисунок 4.27) с пояснительными таблицами 4.10 и 4.11. Для упрощения модели будем предполагать, что дороги СПб и Москвы, по которым проходит маршрут имеют расчетную (допустимую) нагрузку 10 тонн/ось. Допустимая (расчетная) нагрузка для дорог общего пользования федерального значения представлена в приложении В.

Вычислим размер возмещение ущерба за превышение полной массы ТС и допустимых осевых нагрузок на первом маршруте с помощью программы КТГ-Калькулятор.

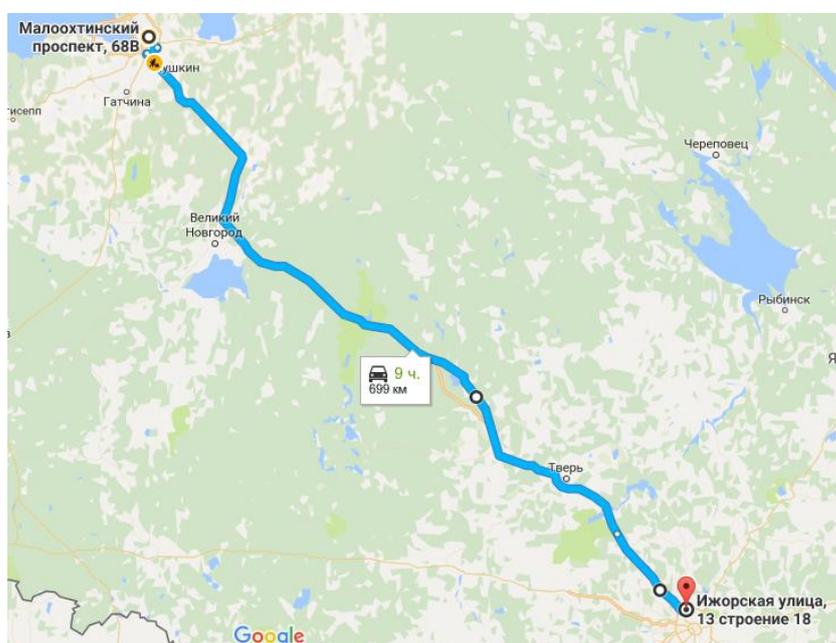


Рисунок 4.30– Маршрут Санкт-Петербург – Москва №1, построенный на основе первичной оценки дорожной сети

Таблица 4.12 – Описание узловых точек на маршруте от «Петербургского Завода Арматуры» до ТЭЦ 28 Мосэнерго

№ вершины графа	Название узловых точек
1	Малоохтинский пр-кт, 68 В, Санкт-Петербург («Петербургский Завод Арматуры»)
2	Перекресток Заневского пр-та и ул. Стахановцев, Санкт-Петербург
3	Перекресток Заневского пр-та и Таллинской ул., Санкт-Петербург
4	Перекресток ул. Стахановцев и Таллинской ул., Санкт-Петербург
5	Перекресток Малоохтинского пр-та и Таллинской ул., Санкт-Петербург

6	Перекресток Малоохтинского пр-та в Октябрьскую наб., Санкт-Петербург
7	Развязка Октябрьская наб./КАД заезд на КАД (А118) (56 внутр.)
8	Съезд с КАД (А118) в сторону Колпино-Шушары на Софийскую ул. (62 внутр.)
9	Съезд с КАД (А118) на Московское ш. (М10) в районе (65 внутр.)
10	Пересечение Колпинского ш. и Московского ш. (М10) в направлении СПб
11	Московское ш. (М10) в направлении МСК
12	Пересечение Октябрьской наб.и Народной ул. (Р-21 «Кола»)
13	Съезд с Р-21 «Кола» на КАД (А118)
14	Съезд с Р-21 «Кола» в сторону г. Кировска на Марьинскую и Набережную ул.
15	Пересечение Набережной ул. г. Кировска и Железнодорожной ул. (А 120)
16	Съезд с А 120 в сторону М 10 «Россия»
17	Выезд на М10 «Россию» со съезда с А120
18	Съезд М10/М11 в районе г. Вышний Волочек в сторону МСК
19	Съезд М11/М10 после обхода г. Вышний Волочек в сторону МСК
20	Пересечение М11/М10 после обхода г. Вышнего Волочка в сторону МСК
21	Пересечение а/д Ф3 М10 и а/д Ф3 А-108 (МБК) в районе г. Клин
22	Пересечение а/д Ф3 А-108 (МБК) и а/д Ф3 А-104 в районе г. Дмитров
23	Пересечение а/д Ф3 А-104 и а/д Ф3 А-107 (ММК) в районе д. Никольская Дмитровского района
24	Съезд с Ф3 А-104 на МКАД (82 км внутр.)
25	Съезд с МКАД (79 км внутр.) в сторону Ижорской ул. г. Москвы
26	Съезд на М11 с М10 «Россия» около Савельево
27	Пересечение М11 с а/д Ф3 А-107
28	Пересечение а/д Ф3 М10 и а/д Ф3 А-107 (ММК) в районе Солнечногорска, недалеко от д. Радумля
29	Съезд с а/д Ф3 М10 на МКАД (75 км)
30	Съезд с М11 на МКАД (77км)
31	Переход 5207-ого Проектируемого в Брусиловский г. Москва
32	Ижорская ул, 13 строение 18, Москва (ТЭЦ 28 Мосэнерго)

Таблица 4.13 – Данные о возможностях проезда на рассматриваемом участке дорожной сети по федеральным дорогам между Санкт-Петербургом и Москвой

Начало участка	Конец участка	Название дороги, по которой проходит данный маршрут	Допустимая (расчетная) нагрузка	Расстояние, км
----------------	---------------	---	---------------------------------	----------------

			для данной дороги (10/11,5 т/ось)	
1	2	Региональные/местные дороги СПБ и ЛО	10	0,26
2	3	Региональные/местные дороги СПБ и ЛО	10	0,44
2	4	Региональные/местные дороги СПБ и ЛО	10	0,59
3	5	Региональные/местные дороги СПБ и ЛО	10	0,7
4	5	Региональные/местные дороги СПБ и ЛО	10	0,35
5	6	Региональные/местные дороги СПБ и ЛО	10	0,75
6	7	Региональные/местные дороги СПБ и ЛО	10	9,35
6	12	Региональные/местные дороги СПБ и ЛО	10	5,3
7	8	A118 (КАД)	11,5	8,8
7	9	A118 (КАД)	11,5	11,4
8	10	Региональные/местные дороги СПБ и ЛО	10	11,8
9	11	M10 («Россия»)	10	10,1
10	11	M10 («Россия»)	10	1,2
11	17	M10 («Россия»)	10 и 11,5	21,9
12	13	P21 («Кола»)	10	3,2
13	8	A118 (КАД)	11,5	12,2
13	9	A118 (КАД)	11,5	15,1
13	14	P21 («Кола»)	10	27,7
14	15	Региональные/местные дороги СПБ и ЛО	10	6,5
15	16	A120	10	41
16	17	A120	10	0,8
17	18	M10 («Россия»)	10 и 11,5	334
18	19	M11	11,5	74
18	20	M10 («Россия»)	10 и 11,5	74
19	20	M11	11,5	1
20	21	M10 («Россия»)	10 и	163
21	22	A108 (БМК)	10	57,6
21	26	M10 («Россия»)	10	30
22	23	A104	11,5	26,1
23	24	A104	11,5	28,3
23	27	A107(ММК)	11,5	21,3
23	28	A107(ММК)	11,5	25,3
24	25	МКАД	10	10
25	31	Съезд с МКАД на 5207-й	10	1

		Проектируемый		
26	27	М11	11,5	11
27	30	М11	11,5	34
26	28	М10 («Россия»)	10	8,5
28	29	М10 («Россия»)	10	30
29	31	МКАД	10	4
30	31	МКАД	10	1,5
31	32	Региональные/местные дороги г. Москвы	10	1

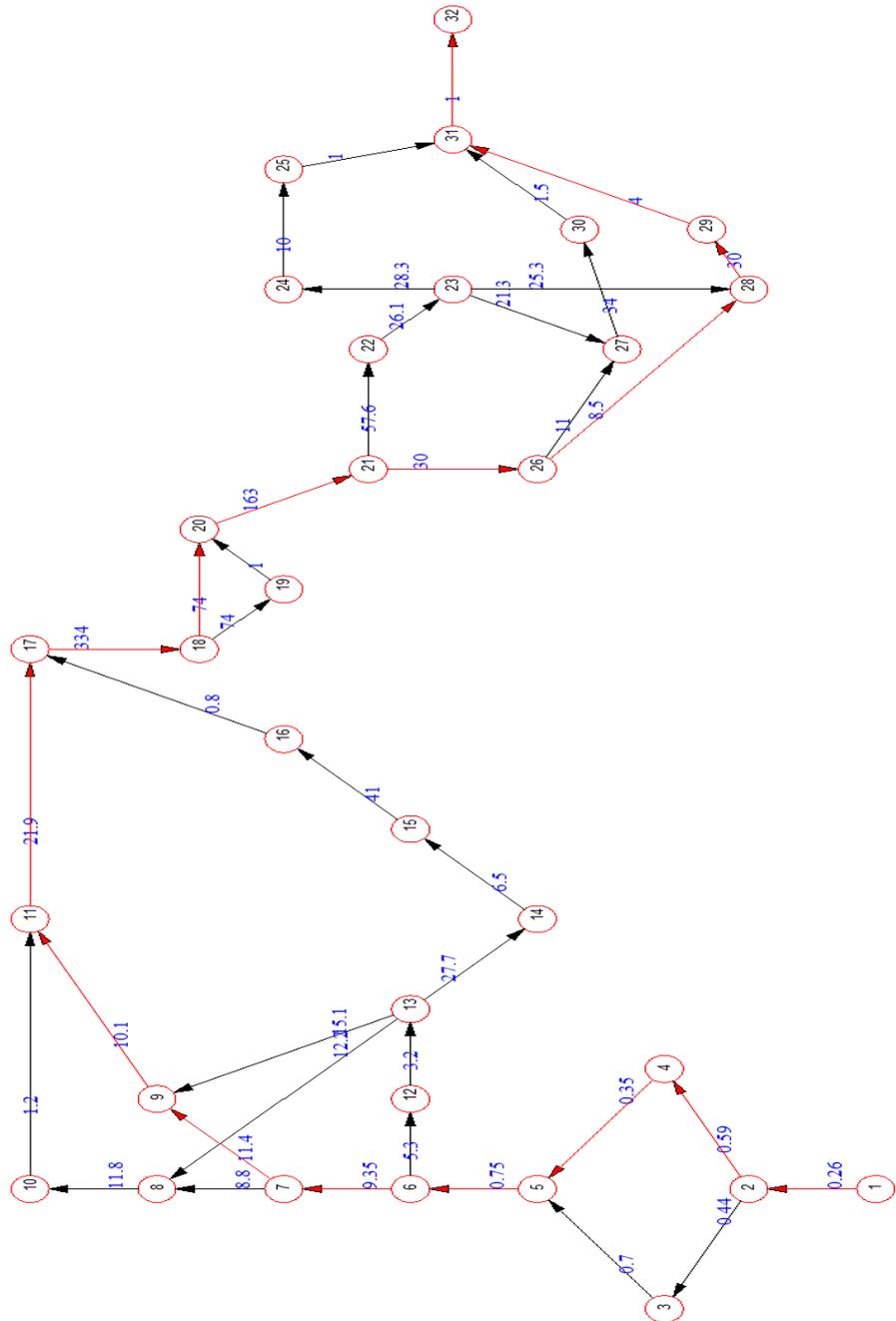


Рисунок 4.31 – Граф с указанием маршрута с минимальным расстоянием

Итоги расчетов возмещения ущерба за превышение по массе и по осевым нагрузкам с помощью программы КТГ-Онлайн для маршрута №1 представлены на рисунке 4.32. Для данного маршрута программа КТГ-Онлайн рассчитывала а/д ФЗ общего пользования М10 «Россия» как дорогу с допустимой осевой нагрузкой 10т/ось. Итоговые расчеты основных переменных расходов на маршруте №1 представим в виде таблицы 4.12.

Сводный отчет по участкам маршрута		
Транспортное средство:	Volvo FH-TRUCK 6x4 с полуприцепом 99396	
Тип АТС:	Автопоезд (9 осей)	
Количество поездок:	1 поездка	
Факт. полная масса:	69.787 т	
Факт. осевые нагрузки, т:	6.789 ; 8 ; 8 ; 7.833 ; 7.833 ; 7.833 ; 7.833 ; 7.833 ; 7.833	
Расстояния между осями, м:	3.2 – 1.37 – 7.88 – 1.36 – 1.36 – 1.36 – 1.36 – 1.36	
Количество колес на осях:	2 – 4 – 4 – 4 – 4 – 4 – 4 – 4 – 4	
Оси с пневмоподвеской:	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	
№ п/п	Участок маршрута	Размер вреда, руб
1.	Наименование: 1 Протяженность: 13 км. Дорога: регионального, межмуниципального, местного значения, частные дороги. Регион: Российская Федерация, Северо-Западный ФО. Тип покрытия: с одеждой капитального или облегченного типа. Норм. осевая нагрузка: 10 т/ось. Базовый компенсационный индекс: 1,8136. Допустимая полная масса: 44,0 т. Допустимые осевые нагрузки, т: 9,0; 8,0; 8,0; 7,0; 7,0; 7,0; 7,0.	3 585,71
2.	Наименование: 2 Протяженность: 5 км. Дорога: регионального, межмуниципального, местного значения, частные дороги. Регион: Российская Федерация, Центральный ФО. Тип покрытия: с одеждой капитального или облегченного типа. Норм. осевая нагрузка: 10 т/ось. Базовый компенсационный индекс: 1,8136. Допустимая полная масса: 44,0 т. Допустимые осевые нагрузки, т: 9,0; 8,0; 8,0; 7,0; 7,0; 7,0; 7,0; 7,0.	1 246,95
3.	Наименование: 3 Протяженность: 351 км. Дорога: федерального знач., Фед. округ: Центральный. Тип покрытия: с одеждой капитального или облегченного типа. Норм. осевая нагрузка: 10 т/ось. Базовый компенсационный индекс: 1,8136. Допустимая полная масса: 44,0 т. Допустимые осевые нагрузки, т: 9,0; 8,0; 8,0; 7,0; 7,0; 7,0; 7,0; 7,0.	194 665,49
4.	Наименование: 4 Протяженность: 330 км. Дорога: федерального знач., Фед. округ: Северо-Западный. Тип покрытия: с одеждой капитального или облегченного типа. Норм. осевая нагрузка: 10 т/ось. Базовый компенсационный индекс: 1,8136. Допустимая полная масса: 44,0 т. Допустимые осевые нагрузки, т: 9,0; 8,0; 8,0; 7,0; 7,0; 7,0; 7,0; 7,0.	156 468,70
Итого:		355 966,85

Рисунок 4.32 – Сводный отчет по маршруту №1

Таблица 4.14 – Основные переменные расходы маршрута №1

	Стоимость, руб.
Возмещение ущерба за превышение допустимых осевых нагрузок и полной массы на маршруте	355 966,85
Оплата СВП «Платон»	1 295,8
Оплата дизельного топлива	27 481,26
Итого:	384 743,91

Перейдем теперь к поиску оптимального маршрута №2 и вычислению переменных расходов на нем. Для применения алгоритма Дейкстры на 3 этапе алгоритма «ТС – Маршрут» необходимо составить весовую матрицу, где в качестве весов будем указывать величину переменных расходов между двумя соединенными вершинами графа (Приложение Д). Итоговый граф с указанием оптимального маршрута, основанного на выполнении алгоритма «ТС- Маршрут», представлен на рисунке 4.33 и значение минимальных основных переменных расходов на полученном оптимальном маршруте. На рисунке 4.33 красными стрелками обозначен оптимальный с точки зрения снижения переменных расходов маршрут.

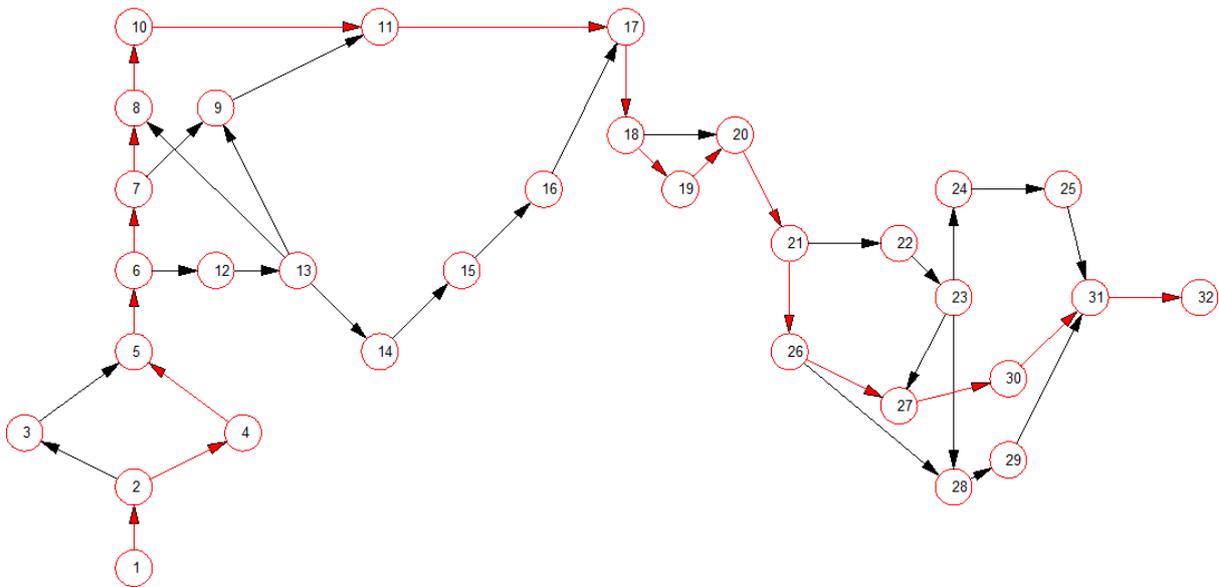


Рисунок 4.33 – Граф с указанием маршрута с минимальной стоимостью на заданной дорожной сети

```

Command Window
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О КРАТЧАЙШЕМ ПУТИ
КРАТЧАЙШЕЙ ПУТИ ОТ x1 ДО x32 = 6.992000e+002
МАРШРУТ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ:  x1 -> x2 -> x4 -> x5 -> x6 -> x7 -> x9 -> x11 -> x17 -> x18 -> x20 -> x21 -> x26 -> x28 -> x29 -> x31 -> x32

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О МИНИМАЛЬНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ РАСХОДАХ НА МАРШРУТЕ
МИНИМАЛЬНАЯ СТОИМОСТЬ ОТ x1 ДО x32 = 1.996328e+005
МАРШРУТ С МИНИМАЛЬНОЙ СТОИМОСТЬЮ:
x1 -> x2 -> x4 -> x5 -> x6 -> x7 -> x8 -> x10 -> x11 -> x17 -> x18 -> x19 -> x20 -> x21 -> x26 -> x27 -> x30 -> x31 -> x32
fx >>

```

Рисунок 4.34– Оптимальный путь маршрута №2 с указанием итоговой минимальной стоимости

Для сравнения основных переменных расходов на маршрутах № 1 и №2 сведем полученные расходы в итоговую таблицу 4.15.

Таблица 4.15 – Основные переменные расходы маршрута №1 и №2

	Стоимость, руб.	
	Маршрут №1	Маршрут №2
Возмещение ущерба за превышение допустимых осевых нагрузок и полной массы на маршруте	355 966,85	170 171,32
Оплата СВП «Платон» или платных дорог	1 295,8	17 64,00
Оплата дизельного топлива	27 481,26	27 697,49
Итого:	384 743,91	199 632,81

Проанализировав итоговую таблицу 4.15 и сравнив маршруты, полученные на основе первичной оценки с расчетом последующего маршрута в программе КТГ-Калькулятор и маршрута, полученного с применением алгоритма «ТС-Маршрут» на основе алгоритма Дейкстры, можно сделать вывод о том, что правильное планирование и расчет маршрута с учетом переменных расходов, связанных с возмещением ущерба в зависимости от расчетной (допустимой) нагрузки дорожного полотна и расходом топлива, позволяет сократить переменные расходы на 185 тыс. руб. Оптимальный маршрут поезда между Петербургским заводом арматуры (СПб, Малоохтинский пр-кт, 68 В) и ТЭЦ 28 Мосэнерго (Москва, Ижорская ул.,13 строение 18) № 2 представлен на рисунке 4.35.

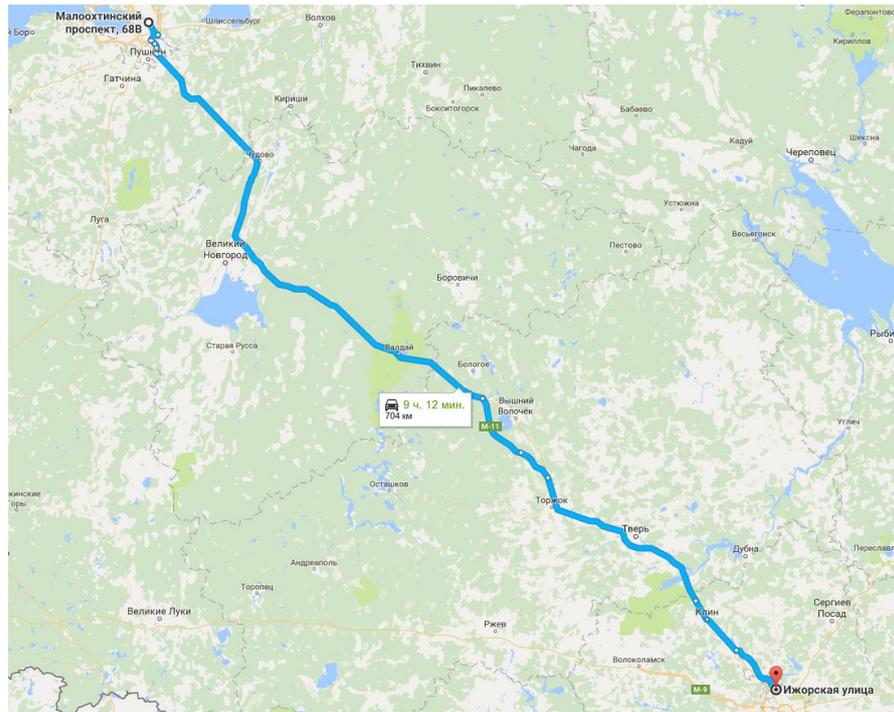


Рисунок 4.35 - Маршрут Санкт-Петербург – Москва №2, построенный с применением алгоритма Дейкстры

В случае, если маршрут проходит по автомобильным дорогам одной категории указанный алгоритм может быть построен только на основании данных коэффициента состояния автомобильной дороги.

Вывод. Были проведены расчёты расходов, возникающих при перевозке КТГ, двумя способами: 1. Без учета разработанной методики по кратчайшему пути; 2. С учетом разработанной методики – по дорогам с минимальным значением размера вреда. Затраты при перевозке с учетом разработанной методики на 48,11 % ниже.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

По итогам работы над диссертацией получены следующие выводы и рекомендации:

1. Выдвинута гипотеза о возможности многокритериальной оптимизации планирования перевозок ТГ за счет реализации разработанных теоретических положений и научно-технологических решений. В соответствии с гипотезой, повышение эффективности перевозок ТГ осуществляется на основе системного подхода в оптимизации эксплуатационных, экономических показателей и мер государственного регулирования.

2. Представлен анализ состояния вопроса, разработаны критерии, методика, технические и технологические решения, а также проведены экспериментальные исследования, которые в совокупности составляют комплексное теоретическое обобщение и решение научной задачи по совершенствованию перевозочного процесса ТГ.

3. Исследованы основные системообразующие факторы, влияющие на эффективность перевозочного процесса ТГ. Разработана математическая модель влияния системообразующих факторов на эффективность автомобильных перевозок ТГ, позволяющая произвести расчётно-теоретическую оценку перевозочного процесса.

При использовании метода Пирсона и метода экспертных оценок было доказано, что факторы, влияющие на размер вреда, имеют линейную зависимость вида:

$$Y = 189X_1 + 296X_2 + 2087X_3 + 3977X_4 - 6015X_5 + 45X_6 + 0,06X_7 + 5X_8 - 9950$$

Установлено, что основной фактор, оказывающий существенное влияние на эффективность перевозки ТГ, - величина превышения допустимой осевой нагрузки транспортного средства.

4. Разработан критерий эффективности – «эксплуатационный коэффициент», который позволяет оценивать вред отдельным категориям

автомобильных дорог при разной величине превышения допустимых осевых нагрузок транспортного средства. На основании разработанного критерия уточнена федеральная Методика расчета размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов.

5. Разработана обобщенная физическая модель оптимизации планирования перевозки КТГ с учетом снижения негативного воздействия на автомобильные дороги. Разработана последовательность методики комплексной оптимизации планирования перевозок ТГ автомобильным транспортом с учетом снижения воздействия на автомобильные дороги путем научного обоснования эксплуатационного коэффициента. С учётом установленного алгоритма формируется выбор наилучшего варианта маршрутной сети перевозки ТГ с учетом снижения негативного воздействия на АД для реализации поставленных целей и задач исследования.

6. Разработаны рекомендации по усовершенствованию государственного регулирования перевозок ТГ автомобильным транспортом и федеральной Методики расчета размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов. Реализация методики многокритериальной оптимизации планирования перевозок ТГ автомобильным транспортом позволит обеспечить экономию ресурсов и повысить эффективность указанной категории грузовых автомобильных перевозок на 48 % при одновременном снижении негативного воздействия на автомобильные дороги.

Дополнительно предложены и исследованы оригинальные автоматизированные системы весового контроля движения транспортных средств на основе применения матричного QR-кода и имитационной системы контроля данных электронных систем управления транспортными средствами. Разработанный способ весового контроля движения транспортного средства на улично-дорожной сети может быть использован для совершенствования контроля тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств на основе передачи информации о весовых и габаритных параметрах транспортных средств, техническом состоянии

транспортного средства, наличии страхового полиса, текущем маршруте его движения и проезда по дороге. Для калибровки электронного блока управления по контролю нагрузки на ось и веса груза была разработана полезная модель «Имитационная система контроля данных электронных систем управления транспортными средствами», может быть использована для визуальной демонстрации работы электронных блоков управления двигателем, в частности для моделирования работы устройств и имитации различных неисправностей и аварийных ситуаций, позволяющих анализировать механизмы возникновения и методики выявления нештатных ситуаций при работе системы контроля данных. Благодаря модульной организации и широкому выбору базовых интерфейсов система поддерживает возможность выбора электронных блоков управления, что обеспечивает ее применение в самых разнообразных приложениях, в том числе работу с транспортными средствами любого типа. На данные системы получены авторские патенты.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АД	–	автомобильная дорога
АТП	–	автотранспортное предприятие
АТС	–	автотранспортное средство
ГАП	–	грузовые автомобильные перевозки
ГОСТ	–	государственный стандарт
ГО	–	грузоотправитель
ГП	–	грузополучатель
ИТС	–	интеллектуальных транспортных систем
КТГ	–	крупногабаритные и (или) тяжеловесные грузы
МОДН	–	межгосударственные отраслевые дорожные нормы
ОДД	–	организация дорожного движения
ОДН	–	отраслевые дорожные нормативы
ПВК	–	пункт весового контроля
СЗФО	–	Северо-Западный федеральный округ
СПВК	–	стационарный пункт весового контроля
ТГ	–	тяжеловесный груз
ТС	–	транспортное средство
УДС	–	улично-дорожная сеть
ЦФО	–	Центральный федеральный округ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ансеров Ю. М., Дурнев В. Л. Машиностроение и охрана окружающей среды. / Ленинград, 1979г.
2. Антонов В.Н. Организация автомобильных перевозок и безопасность движения: Конспект лекций / Казань - 2013. – 83 с.
3. Баушев А. Н., Гадасина Л. В. Алгоритмы оптимизации: метод. пособие / – СПб.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2012. – 85 с.
4. Вельможин А.В., Миротин В.А. Технология, организация и управление грузов автомобильными перевозками: Учебник для вузов. – 2-е изд., доп./; Волгоградский государственный технический университет – Волгоград, 2000. – 304с.
5. Гуджоян О.П., Троицкая Н.А. Перевозка специфических грузов автомобильным транспортом: Учебник / Москва, 2001. - 160 с.
6. Дегтерев Г. Н. Организация и механизация погрузочно-разгрузочных работ на автомобильном транспорте: Учебное пособие / Москва, 1980. 264с.
7. Имамединов Р. Х. «Организация международных перевозок крупногабаритных и тяжеловесных грузов по территории Российской Федерации» / 2003. Москва.
8. Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ.
9. Лукинский В.С. Логистика автомобильного транспорта: Концепция. Методы. Модели. / Москва, 2000.
10. Луканина В.Н. Промышленно-транспортная экология: Учеб для вузов / Москва. Высш шк., 2001.
11. Миротин Л.Б., Колик А.В., Гольдин А.Г. Организация коммерческой работы на автомобильном транспорте: Учебник для специальностей 240100 /

Москва, 1997. 311 с.

12. Перевозчикова Е.Г. «Формирование тарифов на перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов» / Санкт-Петербург. 2014.

13. Перечень поручений Президента Российской Федерации по итогам заседания президиума Государственного совета Российской Федерации 8 октября 2014 г.

14. План мероприятий («дорожная карта»), направленных на недопущение нарушений при движении тяжеловесных и (или) крупногабаритных транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования, утвержден заместителем Председателя Правительства Российской Федерации А. Дворковичем 02.09.2015, № 5741п-П9.

15. Положение о рабочем времени и времени отдыха водителей автомобилей, утвержденное Постановлением Минтруда РФ от 25.06.1999 № 16.

16. Постановление Правительства Российской Федерации от 23.10.1993 № 1090 «О Правилах дорожного движения Российской Федерации».

17. Постановление Правительства РФ от 16.11.2009 № 934 «О возмещении вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов по автомобильным дорогам Российской Федерации».

18. Постановление Правительства Российской Федерации от 15.04.2011 № 272 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом».

19. Постановление Правительства РФ от 14.06.2013 № 504 «О взимании платы в счет возмещения вреда, причиняемого автомобильным дорогам общего пользования федерального значения транспортными средствами, имеющими разрешенную максимальную массу свыше 12 тонн».

20. Постановление Правительства Вологодской области постановлением от 19.04.2010 № 448 «Об определении размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов

по автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения».

21. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 18.02.2016 № 138 «Об определении размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов при движении по автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения Санкт-Петербурга».

22. Постановление Правительства Ленинградской области от 15.02.2016 № 26 «Об определении размера вреда, причиняемого тяжеловесным транспортным средством, в случае движения указанного транспортного средства по автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения».

23. Постановление Правительства Калининградской области от 19.06.2015 № 346 «Об определении размера вреда, причиняемого транспортными средствами, осуществляющими перевозки тяжеловесных грузов, при движении по автомобильным дорогам общего пользования регионального или межмуниципального значения, относящимся к собственности Калининградской области и признании утратившим силу постановления Правительства Калининградской области от 28 июля 2011 года № 579».

24. Постановление Правительства РФ от 20.12.2017 № 1596 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы».

25. Постановление Мурманской области от 20.10.2015 № 469-ПП «О показателях размера вреда, причиняемого тяжеловесными транспортными средствами, при движении таких транспортных средств по автомобильным дорогам общего пользования регионального и (или) межмуниципального значения Мурманской области».

26. Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 № 1 (ред. от 07.07.2016) «О Классификации основных средств, включаемых в

амортизационные группы».

27. Правила перевозки грузов автомобильным транспортом: Изданы в соответствии с Уставом автом. тр-та РСФСР.-2-е изд. доп. Минтранс РСФСР. - М.: Транспорт, 1984. – 168 с.

28. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации от 24.07.2012 № 258 «Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам транспортного средства, осуществляющего перевозки тяжеловесных и (или) крупногабаритных грузов».

29. Савин В.И. Перевозки грузов автомобильным транспортом: Справочное пособие. / М.: Издательство «Дело и Сервис», 2002. 544 с.

30. Сафиуллин Р.Р. «К вопросу о методике расчета размера вреда, причиняемого дорожному полотну при транспортировании тяжеловесных грузов автомобильным транспортом в РФ» / Известия ТулГУ. «Технические науки». Номер 5-1. 2015 г., с.111-117.

31. Сафиуллин Р.Р. «Разработка мероприятий по снижению размера вреда, причиняемого дорожному полотну при транспортировании тяжеловесных грузов автомобильным транспортом» / Журнал «Вестник гражданских инженеров», СПбГАСУ, 2014/1 (42) февраль, 2014 г., с. 112-117.

32. Сафиуллин Р. Р., Широкая М. В., Сафиуллин Р.Н. «Методики расчета вреда, причиняемого транспортными средствами при перевозках крупнотоннажных грузов на дорогах регионального значения» / Журнал «Вестник гражданских инженеров» № 6 (59), СПбГАСУ ,2016 г., с. 247-253.

33. Сафиуллин Р. Р., Сафиуллин Р. Н., Керимов М.А. «Научно-технические направления исследования систем автоматического управления автомобильным транспортом на улично-дорожной сети» / Журнал автомобильных инженеров, №1 (108), М. 2018 г., с 44-47.

34. Сафиуллин Р. Р., Сафиуллин Р. Н., Керимов М.А. «Обоснование единого методологического подхода к оценке эффективности функционирования

средств контроля движения автотранспортной техники» / Журнал «Транспорт: наука, техника, управление» № 9, М. 2018 г., с. 23-31.

35. Сафиуллин Р.Р. «Оценка и прогнозирование ущерба автомобильным дорогам при перевозках тяжеловесных грузов» / Сборник докладов международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы безопасности дорожного движения», СПбГАСУ, 2014 г.

36. Сафиуллин Р.Р. «К вопросу о методике расчета размера вреда, причиняемого дорожному полотну при транспортировании тяжеловесных грузов автомобильным транспортом в РФ» / Всероссийская заочная научно-техническая конференция «Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта», ФГБОУ ВПО ТГУ, Тула, 2014 г.

37. Сафиуллин Р. Р., Широкая М. В., Минина А. А. «Оценка методик расчёта вреда, причиняемого транспортными средствами при перевозках крупнотоннажных грузов на дорогах регионального значения» / Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика» № 5 ч. 3 (25-3), Издательство: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2016 г. с. 352-358.

38. Сафиуллин Р. Р., Сафиуллин Р. Н. «Оптимизация перевозочного процесса при использовании системы автоматического контроля движения транспортных средств» / Материалы конференции 29-30 марта 2018 года в ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет». Журнал «Научные труды КубГТУ». 2018 г.

39. Сафиуллин Р. Р. «Оптимизация планирования перевозок тяжеловесных грузов с учетом воздействия на автомобильные дороги РФ» / Сборник научных трудов № 8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Кафедра «ОПиУТ». издательство: ООО "Полиграфический центр КАН" (Омск), 2015 г. с. 139-148.

40. Сафиуллин Р. Р., Холявка Д.А. «К вопросу взимания платы в счет

возмещения вреда, причиняемого автомобильным дорогам общего пользования федерального значения транспортными средствами» / Сборник «Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования». Издательство: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, том 2, № 2, 2015 г. с. 843-848.

41. Сафиуллин Р. Р., Широкая М. В., Абрамова К.В., Тимофеева Н.Н. «Исследование влияния системообразующих факторов на эффективность перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов» / Сборник «Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования», Издательство: ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, том 4, № 1 (7) 2017 г. с. 11-17.

42. Сафиуллин Р.Р. Григорьева А.С. «Разработка методики оценки определения размера вреда при перевозках крупнотоннажных грузов» / Всероссийская научно-техническая конференция 23-24 ноября 2017г. «Проблемы исследования систем и средств автомобильного транспорта», ФГБОУ ВПО ТГУ, вып.2.Тула, 2017 г. с. 220-227.

43. Сафиуллин Р.Р. «Гармонизация Российского и международного законодательства в сфере автоперевозок тяжеловесных и опасных грузов» / 71-я научная конференция профессоров, преподавателей, научных работников, инженеров и аспирантов университета, СПбГАСУ, 2014 г.

44. Сафиуллин Р.Р., Киселёв В.Н., Овчинников Е.А., Артёмов М.Н. «Динамическое управление программно-аппаратными комплексами контроля движения транспортных средств» / 2018 г.

45. Сафиуллин Р.Р., Решетник Е.С., «Интеллектуальные системы автоматизированного мониторинга транспортных средств» / Журнал «Воронежский научно-технический вестник» 2 (24) ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, 2018 г. с 90-96.

46. Сафиуллин Р. Р., Сафиуллин Р. Н., Афанасьев А.С. «Конструкция,

расчет и эксплуатационные свойства транспортных средств» / Учебник. М.-Берлин: Директ-Медиа, 2018 г. с. 380.

47. Силкин А.А. Грузовые и пассажирские автомобильные перевозки: Пособие по курсовому и дипломному проектированию / Москва, 1985. – 256 с.

48. Титкова Л.С. «Математические методы в психологии» / Дальневосточный университет, Владивосток, 2002 г.

49. Федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ «О безопасности дорожного движения».

50. Федеральный закон от 08.11.2007 № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

51. Ходош М.С., Дасковский Б.А. Организация, экономика и управление перевозками грузов автомобильным транспортом / Москва, 1989. 287 с.

52. Шилимова М. В. «Формирование структуры парка и выбор автомобильных транспортных средств для перевозки крупногабаритных тяжеловесных грузов» / Москва. 2005.

Электронные ресурсы

53. Бюллетень социально-экономического кризиса в России 08. Декабрь 2015. Динамика грузоперевозок в России [Эл. ресурс]/ Аналитический центр при правительстве РФ. Режим доступа: <http://ac.gov.ru/files/publication/a/7400.pdf>

54. Дорожный сбор для грузовых транспортных средств в германии // TOLL COLLECT. Режим доступа: https://www.toll-collect.de/en/toll_collect/microsites/ru/russkii.html

55. Информация о социально-экономическом положении России, РОССТАТ, 2017 год, http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/info/oper-12-2017.pdf

56. Как развивается рынок негабаритных перевозок? //АвтоТрансИнфо. Режим доступа: <http://ati.su/Media/Article.aspx?HeadingID=2&ID=571>

57. КТГ-Калькулятор [Эл. ресурс] //КТГ-Калькулятор.ру Режим доступа:

<http://ktg-calc.ru/>

58. Нормативно-правовая база [Эл. ресурс]//КонсультантПлюс. Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>

59. Одиннадцать вещей, которые необходимо знать о системе «Платон» / РИА Новости. Режим доступа: <http://ria.ru/society/20151208/1338321166.html>
Информация о системе «Платон» // Платон.ру. Режим доступа: <http://platon.ru/>

60. Оплата труда водителей грузовых и обычных автомобилей. Информационный сайт по вопросам оплаты труда и заработной платы [Эл. ресурс]// FOTRSS.RU Режим доступа: http://fotrss.ru/organiz_zarplaty/oplata-truda-voditelej.html

61. Расход топлива грузовыми автомобилями. Нормы расхода топлива. Автомобильный транспорт — правила, нормы, положения // avtotrans-consultant.ru
Режим доступа: <http://avtotrans-consultant.ru/rasxod-topлива-gruzovymi-avtomobilyami/>

62. Сверхнормативный транспорт: порядок движения по автомобильным дорогам [Эл. ресурс]// РОСАВТОДОР.РУ Режим доступа: <http://rosavtodor.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-stroitelstva-i-ekspluatatsii-avtomobilnykh-dorog/dvizhenie-tyazhelovesnykh-i-ili-krupnogabaritnykh-transportnykh-sredstv>

63. Себестоимость перевозок на автомобильном транспорте и в дорожном строительстве. Учебные материалы. [Эл. ресурс]// works.doklad Режим доступа: <http://works.doklad.ru/view/XTMhA-vB2lc.html>

64. Система взвешивания автотранспорта в движении на высоких скоростях // camea.cz Режим доступа: http://www.camea.cz/underwood/download/files/unicam_wim_ru.pdf

65. Система электронного сбора платы за проезд в Республике Беларусь [Эл. ресурс]// BelToll Режим доступа: <http://www.beltoll.by>.

66. Ставки транспортного налога в 2017 году. Еженедельная электронная газета «Учет. Налоги. Право». gazeta-unp.ru Режим доступа: <https://www.gazeta->

unp.ru/articles/51537-stavki-transportnogo-naloga-v-2017-godu-qqq-16-m11

67. Степанов В. Дороги "Как платят за дороги в Европе" [Эл. ресурс]/ Автотранспортный портал transler Режим доступа: http://transler.ru/content/arxiv_perevozhic/perevozhic_09/perevozhic_100/Dorogi_quot_Kak_platyat_za_dorogi_v_Evropequot

68. Сферы деятельности видов транспорта при перевозках КТГ [Эл. ресурс]// Строй-Техника.ру Режим доступа: <http://stroy-technics.ru/article/sfery-deyatelnosti-vidov-transporta-pri-perevozkakh-ktg>

69. Транспорт и транспортная инфраструктура: некоторые важные результаты и показатели 2016 года. // Правительство России.ру Режим доступа: <http://government.ru/info/27226/>

70. Транспорт и связь в России. 2016: Стат.сб./Росстат. - Т65 М., 2016. - 112 с. Электронная версия ISBN 978-5-89476-419-1 Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2016/transp-sv16.pdf

71. Уровень инфляции в Российской Федерации [Эл. ресурс]// уровень-инфляции. Режим доступа: http://уровень-инфляции.рф/таблица_инфляции.aspx

72. Экономика автомобильного транспорта: учебное пособие / И.Н. Лавриков, Н.В. Пеньшин; под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. И.А. Минакова. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, Тамбов. – 2011. – 116 с. Электронная версия ISBN 978-5-8265-1005-6. Режим доступа: http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/495/76495/57732?p_page=1

Патенты

73. Сафиуллин Р. Р., Сафиуллин Р. Н. Имитационная система контроля данных электронных систем управления транспортных средств М., Патент на полезную модель №175585, 2017.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1 – Результаты штамповых испытаний

№ точки	Модуль деформации, кгс/см ²	Модуль деформации, МПа		Модуль упругости, кгс/см ²	Модуль упругости, МПа	
		ед	среднее		ед	среднее
ул. Промышленная						
1	814,4	79,9	75,5	1 605,6	157,5	146,8
2	759,8	74,5		1 653,7	162,2	
3	734,5	72,0		1 232,5	120,9	
ул. Профессора Качалова						
1	970,6	95,2	109,5	1 913,5	187,7	202,2
2	1 223,1	119,9		2 121,4	208,0	
3	1 156,8	113,4		2 150,4	210,9	
Лиговский проспект						
1	1 486,2	145,8	139,6	2 497,1	244,9	230,4
2	1 426,2	139,9		2 235,7	219,3	
3	1 357,8	133,2		2 314,6	227,0	
ул. Зольная						
1	1 138,5	111,7	110,9	2 149,9	210,8	187,8
2	772,6	75,8		1 185,9	116,3	
3	1 481,5	145,3		2 410,6	236,4	
1-ый Рыбацкий проезд						
1	1 437,2	140,9	166,4	2 439,9	239,3	240,0
2	2 127,6	208,7		2 669,6	261,8	
3	1 526,6	149,7		2 233,7	219,1	
проспект 9-ого января						
1	1 316,9	129,1	126,5	2 433,0	238,6	218,6
2	975,0	95,6		1 816,8	178,2	
3	1 579,0	154,9		2 436,6	239,0	
ул. Автозаводская						
1	1 278,7	125,4	132,2	2 233,1	219,0	232,6
2	1 454,6	142,7		2 666,3	261,5	
3	1 311,5	128,6		2 216,8	217,4	
ул. Латышских стрелков						
1	1 628,6	159,7	154,5	2 533,5	248,5	239,2
2	1 593,6	156,3		2 332,7	228,8	
3	1 505,0	147,6		2 450,5	240,3	
Белевский проспект						
1	1 212,9	118,9	117,9	1 729,2	169,6	161,9
2	1 181,3	115,9		1 617,0	158,6	
3	1 213,3	119,0		1 607,2	157,6	
Железнодорожный проспект						
1	1 186,2	116,3	88,9	1 581,4	155,1	131,8
2	926,4	90,9		1 338,4	131,3	
3	608,2	59,6		1 110,6	108,9	

Южное шоссе						
1	1 478,6	145,0	136,4	1 968,7	193,1	206,5
2	1 253,8	123,0		2 141,3	210,0	
3	1 440,7	141,3		2 207,7	216,5	
ул. Чугунная						
1	1 141,0	111,9	123,4	1 604,4	157,3	180,5
2	1 324,1	129,9		1 979,7	194,1	
3	1 309,0	128,4		1 937,5	190,0	
ул. Савушкина						
1	1 893,1	185,7	208,9	2 374,8	232,9	289,1
2	2 125,4	208,4		3 223,5	316,1	
3	2 370,7	232,5		3 244,0	318,1	
Ириновский проспект						
1	1 076,6	105,6	151,8	1 449,9	142,2	205,1
2	1 744,1	171,0		2 292,6	224,8	
3	1 823,5	178,8		2 531,2	248,2	
ул. Бокситогорская						
1	1 117,2	109,6	109,5	1 967,3	192,9	167,7
2	1 167,2	114,5		1 623,7	159,2	
3	1 064,9	104,4		1 537,5	150,8	

**Приложение 2 – Значения несущей способности в зависимости от
расчетного модуля упругости**

Название района	Классификация улиц	Название улиц	Расчетный модуль упругости, Мпа	Несущая способность на ось, т
1	2	3	4	5
Курортный	<i>главные магистральные улицы</i>	Приморское ш.		движение груз.трансп. запрещено
		Зеленогорское ш.		движение груз.трансп. запрещено
Петроградский		Б. Крестовский мост		
		Троицкий мост		
	<i>главные магистральные улицы</i>	Большой пр. П.С.	212,4	<6т
		Песочная наб.	208,5	<6т
	<i>общегородские магистрали</i>	Б. Зеленина	609,2	>11.5т
		пр. Добролюбова	263,1	6т-10т
Ждановская наб.		210,6	<6т	

		Кронверкская ул.	398,5	>11.5т
		Левашовский пр.	225,5	<6т
Центральный	<i>главные магистральные улицы</i>	Дворцовая наб.	движение груз.трансп. запрещено	
		Лиговский пр.	205	<6т
Кировский	<i>общегородские магистрали</i>	Автовская ул.	270,7	6т-10т
		пр. Ветеранов	282	10т-11.5т
		ул. Возрождения	338,4	>11.5т
		ул. Ивана Черных	210	<6т
		ул. Калинина	286	10т-11.5т
		ул. Трефолева	379,4	>11.5т
	<i>магистрали районного значения</i>	Броневая ул.	256,8	6т-10т
		Дачный пр.	285,2	10т-11.5т
		Корабельная ул.	124,5	<6т
		Кронштадская ул.	322,5	>11.5т
		Михайловский пер.	224,3	<6т
		Промышленная ул.	302,5	>11.5т
		Химический пер.	238	6т-10т
		ул. Швецова	229,7	<6т
Московский	<i>главные магистральные улицы</i>	Ленинский пр.	458,9	>11.5т
		Московское ш.	310	10т-11.5т
		Пулковское ш.	606,9	>11.5т
	<i>общегородские магистрали</i>	Краснопутиловская ул.	304,2	10т-11.5т
		Новоизмайловский пр.	259,9	6т-10т
		ул. Орджоникидзе	331	10т-11.5т
	<i>магистрали районного значения</i>	Благодатная ул.	290	>11.5т
		Заозерная ул.	402,6	>11.5т
		Заставская ул.	263,8	6т-10т
		Иркутская ул.	222,8	6т-10т
		Киевская ул.	225,1	6т-10т
		Корпусной проезд	262,9	6т-10т
		Люботинский пр.	210	6т-10т
		Рощинская ул.	356	>11.5т
		Свирская ул.	306	>11.5т
<i>улицы и дороги местного</i>	1-й Предпортовый проезд	160	<6т	

	<i>значения</i>			
		2-й Предпортовый проезд	145	<6т
		3-й Предпортовый проезд	135	<6т
		4-й Предпортовый проезд	215	10т-11.5т
		5-й Предпортовый проезд	446,6	>11.5т
		6-й Предпортовый проезд	190	6т-10т
		7-й Предпортовый проезд	386	>11.5т
Фрунзенский	<i>главные магистральные улицы</i>	пр. Славы	350	>11.5т
	<i>общегородские магистрали</i>	Автозаводская ул.	246	<6т
		ул. Белы Куна	368	>11.5т
		Бухарестская ул.	239,6	<6т
		Волковский пр.	322,6	>11.5т
		наб. р. Волковки	243	<6т
		Грузовой проезд	280,8	10т-11.5т
		Днепропетровская ул.	261,9	6т-10т
		Камчатская ул.	282	10т-11.5т
		Расстанный пер.	313,9	>11.5т
		ул. Самойловой	276,7	6т-10т
	Южное ш.	337,8	>11.5т	
	<i>магистрали районного значения</i>	Алмазная ул.	160	<6т
		Карпатская ул.	404	>11.5т
		пр. 9-го Января	356,6	>11.5т
		Прогонная ул.	298,5	>11.5т
Складской проезд		309	>11.5т	
<i>улицы и дороги местного значения</i>	2-й Бадаевский проезд	103	<6т	
	3-й Бадаевский проезд	289	>11.5т	
	6-я дорога	148	<6т	
Адмиралтейский		Дворцовый мост		
		Благовещенский мост		

	<i>главные магистральные улицы</i>	Английская наб.	движение груз.трансп. запрещено	
		Конногвардейский бул.	движение груз.трансп. запрещено	
		1я Красноармейская ул.	192	<6т
		Московский пр.	346	>11.5т
		Нарвский пр.	243	<6т
		Садовая ул.	277,9	6т-10т
		Старо-Петергофский пр.	301,6	10т-11.5т
	<i>общегородские магистрали</i>	Загородный пр.	212	<6т
		Малая Митрофаньевская ул.	297	10т-11.5т
		ул. Труда	217	<6т
<i>магистрали районного значения</i>	Митрофаньевский туп.	234,7	<6т	
Невский	<i>общегородские магистрали</i>	Союзный пр.	172	<6т
		пр. Большевиков (от Октябрьской наб. до Народной ул.)	403,2	>11.5т
		Глухоозерское ш.	308,3	>11.5т
		дорога на Петро-Славянку	156,4	<6т
		Железнодорожный пр.	170	<6т
		Зольная ул.	468,6	>11.5т
		ул. Коллонтай	326,6	>11.5т
		ул. Крыленко	273	6т-10т
		Мельничная ул.	150	<6т
		Нефтяная дорога	338,1	>11.5т
		пр.Обуховской Обороны	179	<6т
		ул. Профессора Качалова	256	6т-10т
		пр. Пятилеток	418,9	>11.5т
	Российский пр.	309,1	>11.5т	
	ул. Седова	275,3	6т-10т	
	<i>магистрали районного значения</i>	Белевский пр.	444,5	>11.5т
		Варфоломеевская ул.	267,8	10т-11.5т
Глиняная ул.		213,1	<6т	

		Караваевская ул.	239,8	6т-10т
		Клочков пер.	302,9	>11.5т
		ул. Книпович	369	>11.5т
		ул. Латышских Стрелков	425,3	>11.5т
		ул. 2-й луч	269,2	10т-11.5т
		Сортировочная- Московская ул.	223,2	<6т
		Тепловозная ул.	306,6	>11.5т
		Товарищеский пр.	360,5	>11.5т
		ул. Фаянсовая	435,1	>11.5т
		Хрустальная ул.	240,6	6т-10т
		Школьный пер.	164	<6т
	<i>улицы и дороги местного значения</i>	1-й Рыбацкий проезд	386	>11.5т
		4-й Рыбацкий проезд	419	>11.5т
		5-й Рыбацкий проезд	132	<6т
		Вагонная ул. (не сущ.)		
Красногвардейский	<i>общегородские магистрали</i>	Заневский пр.	451,4	>11.5т
		Ириновский пр.	386,8	>11.5т
		Новочеркасский пр.	315	>11.5т
		ш. Революции	289,2	10т-11.5т
		ул. Стахановцев	203	<6т
		ул. Химиков	287,6	10т-11.5т
		пр. Энергетиков (от ш. Революции до Магнитогорской ул.)	382	>11.5т
	<i>главные магистральные улицы</i>	Анисимовская дорога	280,7	6т-10т
		Якорная ул.	260,7	<6т
		Бокситогорская ул.	150	<6т
		Волго-Донской пр.	100	<6т
		Екатерининский пр.	300,6	10т-11.5т
		Магнитогорская ул.	228,2	<6т
		Партизанская ул.	150	<6т
		Поселковая ул.	219	<6т
		ул. Потапова	302,9	10т-11.5т
		Салтыковская дорога	340,7	>11.5т
		Ручьевская дорога	237	<6т
		Уманский пер.	167,4	<6т
Выборгский	<i>главные</i>	Выборгское ш.	556,2	>11.5т

	<i>магистральные улицы</i>			
		Новороссийская ул.	286,2	6т-10т
		Политехническая ул.	209,5	<6т
		Светлановский пр.	290,3	6т-10т
		пр. Тореза	354,2	>11.5т
		пр. Энгельса	317	>11.5т
	<i>общегородские магистрали</i>	ул. Александра Матросова	270,2	6т-10т
		Кантемировская ул.	460	>11.5т
		пр. Луначарского	432,3	>11.5т
		Лесной пр.	446,1	>11.5т
		1-й Муринский пр.	472,3	>11.5т
		2-й Муринский пр.	612	>11.5т
		Полюстровский пр.	392,1	>11.5т
		Б. Сампсониевский пр.	206	<6т
		Северный пр.	405,7	>11.5т
		Суздальский пр.	523,3	>11.5т
		ул. Харченко	254	6т-10т
		пр. Художников	265,7	6т-10т
	<i>магистрали районного значения</i>	Домостроительная ул.	422	>11.5т
		Земледельческая ул.	304,2	>11.5т
		Литовская ул.	360,5	>11.5т
		Новолитовская ул.	289,6	>11.5т
		Студенческая ул.	471,1	>11.5т
	<i>улицы и дороги местного значения</i>	1-й Верхний пер.	225	10т-11.5т
		2-й Верхний пер.	298,6	>11.5т
		3-й Верхний пер.	386,3	>11.5т
		4-й Верхний пер.	281,9	>11.5т
		5-й Верхний пер.	293,3	>11.5т
6-й Верхний пер.		396,3	>11.5т	
7-й Верхний пер.		не сущ.		
8-й Верхний пер.		557,9	>11.5т	
Калининский	<i>главные магистральные улицы</i>	Минеральная ул	307,5	10т-11.5т
		пр. Непокоренных	307,3	10т-11.5т
	<i>общегородские магистрали</i>	Арсенальная ул.	533,8	>11.5т
		Гражданский пр.	302	>11.5т

		пр. Науки	298,1	10т-11.5т	
	<i>магистрали районного значения</i>	ул. Ватутина	212,4	<6т	
		Лабораторная ул.	471,1	>11.5т	
		Менделеевская ул.	318,6	>11.5т	
		Чугунная ул.	308,8	>11.5т	
Приморский	<i>главные магистральные улицы</i>	наб. Черной речки	233	<6т	
	<i>общегородские магистрали</i>	Белоостровская ул.	254	6т-10т	
		Гаккелевская ул.	448,5	>11.5т	
		пр. Испытателей	272,4	6т-10т	
		Коломяжский пр.	322,6	>11.5т	
		ул. Савушкина	505,3	>11.5т	
	<i>магистрали районного значения</i>	Автобусная ул.	515	>11.5т	
		Долгоозерная ул.	473,5	>11.5т	
		ул. Ильюшина	509,9	>11.5т	
		Комендантский пр.	475,5	>11.5т	
		Макулатурный пр.	182	<6т	
		Мебельная ул.	353,4	>11.5т	
		Мебельный проезд	353,3	>11.5т	
		Ново-Никитская ул.	425,3	>11.5т	
		Новосельковская ул.	251,1	6т-10т	
		Планерная ул.	527,1	>11.5т	
	Торжковская ул.	577,6	>11.5т		
	Василеостровский	<i>главные магистральные улицы</i>	наб. Лейтенанта Шм.	467,5	>11.5т
			Наличная ул.	235,3	<6т
ул. Нахимова			181	<6т	
наб. Макарова			277,5	6т-10т	
Университетская наб.			545,1	>11.5т	
<i>общегородские магистрали</i>		Малый пр.В.О.	285	10т-11.5т	
		8 линия	289,5	10т-11.5т	
		22 линия	173,5	6т	
		Уральская ул.	331,3	11.5т	
<i>магистрали районного значения</i>		Детская ул.	344,3	11.5т	
		Кожевенная линия	290,2	11.5т	

		Наличный пер.	288,8	11.5т
		16 линия	173,5	6т
	<i>улицы и дороги местного значения</i>	наб. Масляного канала	240,9	11.5т

**Приложение 3 – Значения нагрузки на ось транспортного средства,
предельно допустимые для проезда по автомобильным дорогам общего
пользования федерального значения**

Наименование автомобильных дорог общего пользования федерального значения		Начало участка дороги		Конец участка дороги		Допустимая нагрузка на каждую ось транспортного средства при:		
						одиночной оси	двухосной тележки	трехосной тележки
						тс (кН)	тс (кН)	тс (кН)
1	2	км	м	км	м	7	8	9
ФГУ Управление а/м								
	Пулковское шоссе					10	8	7
E-105	Московское шоссе					12	10	9
A-122	Выборгское шоссе					12	10	9
	ул. Двинская					5	4	3

Приложение 4 – Результаты расчетов модуля упругости

Название района	классификация улиц	название улиц	расчетный модуль упругости, Мпа	Несущая способность на ось, т
1	2	3	4	5
Курортный	главные магистральные улицы	Приморское ш.	движение груз.трансп. запрещено	
		Зеленогорское ш.	движение груз.трансп. запрещено	
Петроградский		Б. Крестовский мост		
		Троицкий мост		
	главные магистральные улицы	Большой пр. П.С.	212,4	<6т
		Песочная наб.	208,5	<6т

	общегородские магистрали	Б. Зеленина	609,2	>11.5т
		пр. Добролюбова	263,1	6т-10т
		Ждановская наб.	210,6	<6т
		Кронверкская ул.	398,5	>11.5т
		Левашовский пр.	225,5	<6т
Центральный	главные магистральные улицы	Дворцовая наб.	движение груз.трансп. запрещено	
		Лиговский пр.	205	<6т
Кировский	общегородские магистрали	Автовская ул.	270,7	6т-10т
		пр. Ветеранов	282	10т-11.5т
		ул. Возрождения	338,4	>11.5т
		ул. Ивана Черных	210	<6т
		ул. Калинина	286	10т-11.5т
		ул. Трефолева	379,4	>11.5т
	магистрали районного значения	Броневая ул.	256,8	6т-10т
		Дачный пр.	285,2	10т-11.5т
		Корабельная ул.	124,5	<6т
		Кронштадская ул.	322,5	>11.5т
		Михайловский пер.	224,3	<6т
		Промышленная ул.	302,5	>11.5т
		Химический пер.	238	6т-10т
Московский	главные магистральные улицы	ул. Швецова	229,7	<6т
		Ленинский пр.	458,9	>11.5т
		Московское ш.	310	10т-11.5т
	общегородские магистрали	Пулковское ш.	606,9	>11.5т
		Краснопутиловская ул.	304,2	10т-11.5т
		Новоизмайловский пр.	259,9	6т-10т
	магистрали районного значения	ул. Орджоникидзе	331	10т-11.5т
		Благодатная ул.	290	>11.5т
		Заозерная ул.	402,6	>11.5т
		Заставская ул.	263,8	6т-10т
		Иркутская ул.	222,8	6т-10т
		Киевская ул.	225,1	6т-10т
		Корпусной проезд	262,9	6т-10т
		Люботинский пр.	210	6т-10т
		Рощинская ул.	356	>11.5т
Свирская ул.	306	>11.5т		
улицы и дороги	1-й Предпортовый проезд	160	<6т	

	местного значения	2-й Предпортовый проезд	145	<6т
		3-й Предпортовый проезд	135	<6т
		4-й Предпортовый проезд	215	10т-11.5т
		5-й Предпортовый проезд	446,6	>11.5т
		6-й Предпортовый проезд	190	6т-10т
		7-й Предпортовый проезд	386	>11.5т
Фрунзенский	главные магистральные улицы	пр. Славы	350	>11.5т
	общегородские магистрали	Автозаводская ул.	246	<6т
		ул. Белы Куна	368	>11.5т
		Бухарестская ул.	239,6	<6т
		Волковский пр.	322,6	>11.5т
		наб. р. Волковки	243	<6т
		Грузовой проезд	280,8	10т-11.5т
		Днепропетровская ул.	261,9	6т-10т
		Камчатская ул.	282	10т-11.5т
		Расстанный пер.	313,9	>11.5т
		ул. Самойловой	276,7	6т-10т
	Южное ш.	337,8	>11.5т	
	магистрали районного значения	Алмазная ул.	160	<6т
		Карпатская ул.	404	>11.5т
		пр. 9-го Января	356,6	>11.5т
		Прогонная ул.	298,5	>11.5т
		Складской проезд	309	>11.5т
улицы и дороги местного значения	2-й Бадаевский проезд	103	<6т	
	3-й Бадаевский проезд	289	>11.5т	
	6-я дорога	148	<6т	
Адмиралтейский		Дворцовый мост		
		Благовещенский мост		
	главные магистральные улицы	Английская наб.	движение груз.трансп. запрещено	

		Конногвардейский бул.	движение груз.трансп. запрещено	
		1я Красноармейская ул.	192	<6т
		Московский пр.	346	>11.5т
		Нарвский пр.	243	<6т
		Садовая ул.	277,9	6т-10т
		Старо-Петергофский пр.	301,6	10т-11.5т
	общегородские магистрали	Загородный пр.	212	<6т
		Малая Митрофаньевская ул.	297	10т-11.5т
		ул. Труда	217	<6т
	магистрали районного значения	Митрофаньевский туп.	234,7	<6т
Невский	общегородские магистрали	Союзный пр.	172	<6т
		пр. Большевиков (от Октябрьской наб. до Народной ул.)	403,2	>11.5т
		Глухоозерское ш.	308,3	>11.5т
		дорога на Петро-Славянку	156,4	<6т
		Железнодорожный пр.	170	<6т
		Зольная ул.	468,6	>11.5т
		ул. Коллонтай	326,6	>11.5т
		ул. Крыленко	273	6т-10т
		Мельничная ул.	150	<6т
		Нефтяная дорога	338,1	>11.5т
		пр.Обуховской Обороны	179	<6т
		ул. Профессора Качалова	256	6т-10т
		пр. Пятилеток	418,9	>11.5т
		Российский пр.	309,1	>11.5т
	ул. Седова	275,3	6т-10т	
	магистрали районного значения	Белевский пр.	444,5	>11.5т
		Варфоломеевская ул.	267,8	10т-11.5т
		Глиняная ул.	213,1	<6т
		Караваевская ул.	239,8	6т-10т
		Клочков пер.	302,9	>11.5т

		ул. Книпович	369	>11.5т
		ул. Латышских Стрелков	425,3	>11.5т
		ул. 2-й луч	269,2	10т-11.5т
		Сортировочная-Московская ул.	223,2	<6т
		Тепловозная ул.	306,6	>11.5т
		Товарищеский пр.	360,5	>11.5т
		ул. Фаянсовая	435,1	>11.5т
		Хрустальная ул.	240,6	6т-10т
		Школьный пер.	164	<6т
	улицы и дороги местного значения	1-й Рыбацкий проезд	386	>11.5т
		4-й Рыбацкий проезд	419	>11.5т
		5-й Рыбацкий проезд	132	<6т
		Вагонная ул. (не сущ.)		
Красногвардейский	общегородские магистрали	Заневский пр.	451,4	>11.5т
		Ириновский пр.	386,8	>11.5т
		Новочеркасский пр.	315	>11.5т
		ш. Революции	289,2	10т-11.5т
		ул. Стахановцев	203	<6т
		ул. Химиков	287,6	10т-11.5т
		пр. Энергетиков (от ш. Революции до Магнитогорской ул.)	382	>11.5т
	главные магистральные улицы	Анисимовская дорога	280,7	6т-10т
		Якорная ул.	260,7	<6т
		Бокситогорская ул.	150	<6т
		Волго-Донской пр.	100	<6т
		Екатерининский пр.	300,6	10т-11.5т
		Магнитогорская ул.	228,2	<6т
		Партизанская ул.	150	<6т
		Поселковая ул.	219	<6т
		ул. Потапова	302,9	10т-11.5т
		Салтыковская дорога	340,7	>11.5т
		Ручьевская дорога	237	<6т
		Уманский пер.	167,4	<6т
		Выборгский	главные	Выборгское ш.

	магистральные улицы	Новороссийская ул.	286,2	6т-10т
		Политехническая ул.	209,5	<6т
		Светлановский пр.	290,3	6т-10т
		пр. Тореза	354,2	>11.5т
		пр. Энгельса	317	>11.5т
	общегородские магистрали	ул. Александра Матросова	270,2	6т-10т
		Кантемировская ул.	460	>11.5т
		пр. Луначарского	432,3	>11.5т
		Лесной пр.	446,1	>11.5т
		1-й Муринский пр.	472,3	>11.5т
		2-й Муринский пр.	612	>11.5т
		Полюстровский пр.	392,1	>11.5т
		Б. Сампсониевский пр.	206	<6т
		Северный пр.	405,7	>11.5т
		Суздальский пр.	523,3	>11.5т
		ул. Харченко	254	6т-10т
		пр. Художников	265,7	6т-10т
	магистрали районного значения	Домостроительная ул.	422	>11.5т
		Земледельческая ул.	304,2	>11.5т
		Литовская ул.	360,5	>11.5т
		Новолитовская ул.	289,6	>11.5т
		Студенческая ул.	471,1	>11.5т
	улицы и дороги местного значения	1-й Верхний пер.	225	10т-11.5т
2-й Верхний пер.		298,6	>11.5т	
3-й Верхний пер.		386,3	>11.5т	
4-й Верхний пер.		281,9	>11.5т	
5-й Верхний пер.		293,3	>11.5т	
6-й Верхний пер.		396,3	>11.5т	
7-й Верхний пер.		не сущ.		
8-й Верхний пер.		557,9	>11.5т	
Калининский	главные магистральные улицы	Минеральная ул	307,5	10т-11.5т
		пр. Непокоренных	307,3	10т-11.5т
	общегородские магистрали	Арсенальная ул.	533,8	>11.5т
		Гражданский пр.	302	>11.5т
		пр. Науки	298,1	10т-11.5т
	магистрали районного значения	ул. Ватутина	212,4	<6т
		Лабораторная ул.	471,1	>11.5т
Менделеевская ул.		318,6	>11.5т	

		Чугунная ул.	308,8	>11.5т	
Приморский	главные магистральные улицы	наб. Черной речки	233	<6т	
		общегородские магистрали	Белоостровская ул.	254	6т-10т
	Гаккелевская ул.		448,5	>11.5т	
	пр. Испытателей		272,4	6т-10т	
	Коломяжский пр.		322,6	>11.5т	
	ул. Савушкина		505,3	>11.5т	
	магистрали районного значения	Автобусная ул.	515	>11.5т	
		Долгоозерная ул.	473,5	>11.5т	
		ул. Ильюшина	509,9	>11.5т	
		Комендантский пр.	475,5	>11.5т	
		Макулатурный пр.	182	<6т	
		Мебельная ул.	353,4	>11.5т	
		Мебельный проезд	353,3	>11.5т	
		Ново-Никитская ул.	425,3	>11.5т	
		Новосельковская ул.	251,1	6т-10т	
		Планерная ул.	527,1	>11.5т	
Торжковская ул.	577,6	>11.5т			
Василеостровский	главные магистральные улицы	наб. Лейтенанта Шм.	467,5	>11.5т	
		Наличная ул.	235,3	<6т	
		ул. Нахимова	181	<6т	
		наб. Макарова	277,5	6т-10т	
		Университетская наб.	545,1	>11.5т	
	общегородские магистрали	Малый пр.В.О.	285	10т-11.5т	
		8 линия	289,5	10т-11.5т	
		22 линия	173,5	<6т	
		Уральская ул.	331,3	>11.5т	
	магистрали районного значения	Детская ул.	344,3	>11.5т	
		Кожевенная линия	290,2	>11.5т	
		Наличный пер.	288,8	>11.5т	
		16 линия	173,5	<6т	
	улицы и дороги местного значения		наб. Масляного канала	240,9	>11.5т

