

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Уральский государственный лесотехнический университет»

На правах рукописи



**СТЕПАНОВ АНТОН СТАНИСЛАВОВИЧ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ  
ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА,  
РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОГО УРОВНЯ ЗАГРУЗКИ  
ДВИЖЕНИЕМ**

**05.02.22 – Организация производства (транспорт, технические науки)**

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

Р.Н. Ковалев,

доктор технических наук,

профессор

Екатеринбург – 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1 Состояние изученности вопроса, цель и задачи исследования.....	8
1.1 Основы теории надежности и диагностики.....	9
1.2 Закономерности изменения технического состояния транспортных средств.....	12
1.3 Моделирования в прогнозировании надежности.....	15
1.4 Подобие процессов наступления отказов.....	21
1.5 Показатели эффективности использования ПС АПТ.....	26
Выводы к главе 1.....	34
2 Систематизация отказов и постановка задачи прогнозирования и определения периодичности ТО и ТР.....	35
2.1 Анализ и систематизация отказов ПС АПТ.....	35
2.2 Разработка критерия эффективности функционирования ПС АПТ.....	47
2.3 Определение периодичности и состава ТО и ТР.....	57
Выводы к главе 2.....	59
3 Методики проведения имитационных экспериментов.....	61
3.1 Определение нормативных затрат на перевозку пассажиров и расчет рентабельности.....	62
Выводы к главе 3.....	68
4 Анализ результатов компьютерных экспериментов.....	69
4.1 Оценка влияния величины пробегов до ТО-1 и ТО-2 на количество отказов.....	69
4.2 Анализ основных показателей, характеризующих эффективность хозяйственной деятельности АТП.....	73
4.3 Построение уравнений зависимостей основных показателей от пробега до ТО-1 и ТО-2.....	83
4.4 Анализ результата решения задачи максимизации наработки при заданном значении рентабельности.....	86
4.5 Методика проведения обоснования величины межсервисных пробегов.....	87
Выводы к главе 4.....	88
Заключение.....	89
Список литературы.....	90
Приложение А. Результаты моделирования работы подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта марки НЕФАЗ-5299-20-32.....	105
Приложение Б. Результаты моделирования работы подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта марки НЕФАЗ-5299-20-22.....	119
Приложение В. Результаты моделирования работы подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта марки ЛИАЗ-5256.....	132
Приложение Г. Акт об использовании результатов диссертационной работы.....	145

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Функционирование автотранспортных предприятий (АТП), выполняющих пассажирские перевозки по регулярным маршрутам в городах с высоким уровнем загрузки движением, связано с повышенными нагрузками на все системы, узлы и агрегаты подвижного состава (ПС) парка транспортных средств предприятия. Как следствие, наблюдается повышенный износ ПС. Это связано с тем, что для условий эксплуатации ПС в условиях высокого уровня загрузки движением характерен короткий цикл «разгон-торможение», влияние которого на все системы ПС изучено недостаточно.

Кроме того, нормативная база, регламентирующая сроки и технологию ремонтов подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта (ПС АПТ), не соответствует современным условиям эксплуатации. Количество отказов транспортных средств увеличивается по сравнению с обычными условиями эксплуатации, что, с одной стороны, приводит к значительным материальным потерям АТП, а с другой, снижает как качество транспортных услуг населению, так и безопасность дорожного движения.

Ясно, что необходимо рассматривать надежность ПС АПТ, работающего в специфических условиях высокого уровня загрузки движением, и регламент ремонтов ПС АПТ как два взаимосвязанных элемента единой производственной системы предприятия, обеспечивающей эффективность его работы в условиях современных технических и экономических рисков.

Повышение эффективности производственно-хозяйственной деятельности АТП посредством совершенствования нормативной базы и регламентов ремонтов ПС АПТ является актуальной исследовательской задачей.

**Степень разработанности темы исследования.** Теорию надежности машин при эксплуатации и ремонте развивали В.Я. Анилович, В.А. Веников, В.Г. Дажин, Г.П. Каплун, Р.Н. Коллегаев, В.М. Михлин, Б.Ф. Хазов. Проблема прогнозирования отказов раскрывается в работах П.М. Алабужева, Т. Андерсона, И.В. Бестужева-Лады, С.Г. Варданяна, В.А. Веникова, Н. Дрейпера, С.Д. Клячко, В.В. Корсакова,

В.С. Лукинского, И.Е. Носикова, С.А. Саркисяна, М.А. Халфина и многих других. Данная теория, основываясь на подобии, позволяет применять результаты исследований моделей на их аналогах. Исследованиям эффективности использования ПС, в т.ч. АПТ, посвящены работы В.М. Власова, В.Б. Зотова, А.М. Иванова, Е.С. Кузнецова, В.А. Максимова. В этих работах в качестве критериев эффективности рассматривались как максимизация наработки на отказ и прибыли предприятия, так и минимизация издержек и эксплуатационных расходов. Поддержание требуемого уровня эффективности эксплуатации ПС АПТ отчасти рассматривается в работах В.А. Максимова, а для АТП, осуществляющего грузовые перевозки, – в работах А.М. Иванова, но здесь она раскрыта недостаточно полно для современных условий технических и экономических рисков.

**Цель диссертационной работы** – повышение эффективности функционирования АТП ПТ, работающих в условиях высокого уровня загрузки движением.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить следующие задачи.

1. Обосновать критерий эффективности функционирования АТП ПТ в условиях современных технических и экономических рисков.

2. Проанализировать, систематизировать и выделить характерные для условий высокого уровня загрузки движением отказы подвижного состава.

3. Установить зависимости основных показателей эффективности функционирования подвижного состава, работающего в условиях высокого уровня загрузки движением, от величины межсервисных пробегов.

4. Обосновать рациональную величину межсервисных пробегов подвижного состава исходя из требуемого уровня обеспечения эффективности его эксплуатации.

**Объектом исследования** является производственный процесс предприятий автомобильного пассажирского транспорта, функционирующих в условиях высокого уровня загрузки движением.

**Предмет исследования** – надежность, нормативная база и регламент ремонтов подвижного состава предприятий автомобильного пассажирского транспорта в

условиях технических и экономических рисков, характерных для современных условий их эксплуатации.

**Научная задача исследования** – разработать методы повышения эффективности функционирования предприятий пассажирского автомобильного транспорта при заданных экономических показателях.

**Научная новизна** исследования заключается в следующем.

1. Обоснован критерий максимальной наработки на отказ при заданном уровне рентабельности перевозочных услуг предприятия пассажирского автомобильного транспорта.

2. Выявлены и систематизированы отказы подвижного состава, наиболее характерные для современных условий высокого уровня загрузки движением в транспортных потоках городов.

3. Установлены зависимости основных показателей эффективности функционирования подвижного состава, работающего в условиях высокого уровня загрузки движением, от величины межсервисных пробегов.

4. Разработана методика, определяющая величину рациональных межсервисных пробегов по результатам хозяйственной деятельности АТП и обеспечивающая требуемый уровень эффективности его функционирования в условиях современных вызовов и рисков.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

Теоретическая значимость работы состоит в обосновании критерия эффективности функционирования подвижного состава с учетом результатов хозяйственной деятельности предприятия автомобильного транспорта; также разработана агентная модель, позволяющая оценить влияние величины межсервисных пробегов на эффективность работы предприятия.

Практическая значимость исследования состоит в разработанной методике, позволяющей устанавливать величины рациональных межсервисных пробегов подвижного состава с учетом результатов хозяйственной деятельности предприятия, что дает возможность обеспечить заданный уровень транспортного обслуживания населения в условиях существующих технических и экономических рисков.

**Методология и методы исследования.** В основу методологии исследования положены современные представления о пассажирском автомобильном транспорте как социально-экономической системе, включающей в себя технико-технологические, организационные, социальные и экономические подсистемы. В работе использованы методы системного анализа, дискретного анализа сетей, теории вероятностей и статистического моделирования, теории графов и др.

**На защиту выносятся:**

1. Систематизированный перечень отказов, характерных для условий высокого уровня загрузки движением;
2. Зависимости основных показателей эффективности функционирования подвижного состава, работающего в условиях высокого уровня загрузки движением, от величины межсервисных пробегов;
3. Критерий максимизации наработки на отказ при заданном уровне рентабельности функционирования подвижного состава предприятия, который позволяет обеспечивать как требуемый уровень обслуживания населения транспортными услугами, так и устойчивое функционирование АТП в условиях современных технических и экономических рисков;
4. Методика определения величины оптимальных межсервисных пробегов, обеспечивающая требуемый уровень рентабельности услуг АТП.

**Степень достоверности результатов подтверждается** методологической основой исследования, выполненного на актуальных представлениях о процессах функционирования автотранспортных предприятий, использованием наработок отечественных и зарубежных ученых, корректностью применения математического аппарата теории вероятностей и статистического моделирования, аргументированным использованием в математических моделях гипотез и допущений, непротиворечием результатов выполненных расчетов и эксплуатации пассажирского подвижного состава.

**Практическая реализация работы.** Основные научно-практические положения диссертационного исследования внедрены в учебном процессе ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».

**Апробация работы.** Основные положения диссертационной работы доложены на XIX специализированной выставке «Логистика-склад-таможня» (15–17 октября 2014 г., Екатеринбург); Международной научно-технической конференции «Транспортные и транспортно-технологические системы» (14 апреля 2016 г., г. Тюмень), а также на ежегодных всероссийских научно-технических конференциях студентов и аспирантов УГЛТУ в 2013–2015 гг.

**Публикации.** Основные положения и научные результаты диссертационной работы опубликованы в 13 печатных работах, в том числе три печатные работ опубликованы в изданиях, входящих в «Перечень изданий, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций».

## 1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В условиях плотных транспортных потоков крупнейших городов остро стоит проблема повышения надежности эксплуатации ПС АПТ. В мегаполисе большую часть времени автобус проводит в пробках, а из-за короткого цикла «разгон-торможение» у него значительно увеличивается нагрузка на все узлы и агрегаты. Все это приводит к появлению отказов, особенности которых хоть и имеют теоретическое описание [102], но не учитывают различия в планировке транспортных систем городов и существующего уровня автомобилизации [23, 24, 31, 40]. АПТ теряют доходы из-за того, что нет систематизации и прогнозирования отказов – автобус простаивает в ремонте, а не занят в перевозкой пассажиров, следовательно, не дает выручки. Также в случае простоя ПС АПТ из-за неучтенного отказа подсистем население лишается возможности на перемещения общественным транспортом. Все это говорит о необходимости комплексного анализа и систематизации отказов ПС АПТ в условиях движения в плотных транспортных потоках крупнейших городов [76, 127–131, 151].

Существенный вклад в развитие теории надежности и ее применения при ремонте и эксплуатации машин, а так же в решение проблемы прогнозирования надежности осуществлен трудами таких авторов, как П.М Алабужев [3], В.Я. Аниловича [6], Т. Андерсон [4], В.А. Веникова [27], И.В. Бестужев-Лада [122], В.Г. Дажина [47], Г.П. Каплуна [75], С.Г. Варданян [22], Р.Н. Колегаева [86], В.С. Лукинский [98, 99], В.М. Михлина [106], Б.Ф. Хазова [152], В.А. Веников [27], Н. Дрейпер [51], С.Д. Клячко [83], В.В. Корсаков [89], И.Е. Носиков [110], С.А. Саркисян [148], М.А. Халфин [153, 154] и др.

Задача обеспечения надежности подвижного состава является как технико-экономической, так и экологической. Так, техническая составляющая обеспечивается разработкой требований и регламентов при изменении или воздействиях на конструкцию подвижного состава в целом либо в отдельные системы и агрегаты вносятся технические изменения. Все это по-разному влияет на выделение вредных



веществ в окружающую среду и создаваемый шум, что составляет экологическую составляющую задач обеспечения надежности. Экономический эффект состоит в оптимизации размеров затрат на техническое обслуживание и ремонт подвижного состава и сокращении размеров недополученной прибыли. Кроме того, недостаточное обеспечение надежности ПС АПТ может привести к его конструктивной гибели, следовательно, к значительным затратам на восстановление [32, 56, 58, 66, 122, 154].

### 1.1. Основы теории надежности и диагностики

Теория надежности изучает и систематизирует отказы технических объектов и систем. Она рассматривает как критерии и показатели надежности, так и методы анализа и синтеза по выбранным критериям надежности, методы обеспечения и повышения безотказности, также обеспечивает научное обоснование методов эксплуатации технических объектов и систем, с заданным уровнем надежности [3].

Надежность – это свойство готовности, влияющие на него свойства безотказности и ремонтпригодности, поддержка технического обслуживания, т.е. включает в себя способность поддерживать требуемые свойства в течение определенного периода и, при условии выполнения технического обслуживания, восстанавливать необходимые свойства [46].

Определение надежности промышленного изделия исходя из сохранения качества его работы при установленных условиях эксплуатации в течение заданного промежутка времени определяется, например, в работе Б.В. Гнедеко [39]. В других работах под определением «надежность» авторы подразумевают только безотказность, следовательно, не достигают необходимого уровня глубины определения, т.к. современное определение учитывает намного больше качеств и свойств изделия. Безотказность определяется как способность изделия выполнить требуемую функцию в заданном интервале времени при данных условиях. Применительно к ПС АПТ такое определение означает возможность перевозить пассажиров в заданных условиях эксплуатации.

Кроме того, некоторые авторы уверены, что надежность является собирательным термином, который используется для определения готовности изделия к работе и влияющих на нее факторов [148]. Мы предполагаем, что этот термин используется для общих описаний, а не как качественный параметр.

Под долговечностью понимают способность изделия выполнять требуемую функцию до достижения предельного состояния при заданных условиях использования и технического обслуживания.

Под ремонтпригодностью рассматривается способность изделия при заданных условиях использования и технического обслуживания к поддержанию или восстановлению состояния, в котором оно может выполнить требуемую функцию [46].

В оценке надежности машины в установленных условиях эксплуатации ее первичные свойства выражают разную относительную значимость.

Так, в оценке надежности отдельных составляющих систему элементов проблема безотказности первостепенна, а повышение долговечности и ремонтпригодности могут представлять менее значимые факторы.

В настоящее время теория надежности устанавливает закономерности в возникающих отказах, изучает способы и методы учета и прогнозирования таких отказов, способы и методы восстановления работоспособности изделий, методы анализа влияния внешних и внутренних факторов в узлах и агрегатах и т.д. [16, 37, 73, 115].

Для механических автомобильных систем основные положения теории надежности рассмотрены в работах Е.А. Индикта [68], Р.В. Кугеля [91], Е.С. Кузнецова [95], В.С. Лукинского [99], А.Н. Островцева [116], А.М. Шейнина [156] и др., там же приведены результаты исследований, устанавливающих сроки службы машин и их отдельных агрегатов, указываются конкретные значения технико-эксплуатационных показателей, рассмотрены способы определения рациональной периодичности технического обслуживания, исследованы методы снижения эксплуатационных затрат, разработаны применительно к конструкциям общетранспортного назначения методики проведения исследований.

Тем не менее в части ПС АПТ вопросы надежности исследованы недостаточно полно, поэтому возможности рационально планировать мероприятия по его ремонту и обновлению нет.

Основанием для расчетов и оценки показателей надежности, безотказности и долговечности для той или иной модели изделия, который эксплуатируется как в дорожных, так и нагрузочных условиях, служат результаты статистической обработки данных, зафиксированных за контрольный период эксплуатации. И чем больше период заполнения банка данных, чем больше единиц подвижного состава охвачено сбором, тем точнее, полнее и достовернее информацию мы получаем. Максимальная точность и достоверность данных достигается при их сборе в течение всего жизненного цикла изделия, т.е. от начала эксплуатации до капитального ремонта, а в идеале – до окончания эксплуатации изделия по назначению и списания.

Существенный недостаток большого периода сбора данных заключается в том, что он намного превышает сроки производства продукта, что деактуализирует сведения о надежности и безотказности того или иного изделия, полученные при исследованиях в процессе производства. А значит, очень важно совершенствовать методы прогнозирования надежности, безотказности и другие показатели с учетом поэлементного и поагрегатного подхода, где надежность того или иного агрегата либо элемента известна заранее.

Прогнозирование надежности – это высокосложная задача, основана на сравнении устаревшей, но работоспособной системы, с подобной новой системой, но без произведенных измерений в процессе эксплуатации характеристик надежности. Такая задача решается при помощи методов теории подобия, устанавливающей закономерности и взаимосвязи между частями, сопоставляющими системы-аналога с известными характеристиками и новой системой-моделью, находящейся в стадии проектирования или конструирования.

## 1.2. Закономерности изменения технического состояния транспортных средств

В течение эксплуатации показатели, описывающие техническое состояние подвижного состава, отдельных агрегатов и узлов, начинают отличаться от базовых значений, указанных в технических условиях нового транспортного средства, до итоговых предельных значений.

Для обоснования рационального подхода как определению периодичности технического обслуживания (ТО) и технического ремонта (ТР) важно обладать информацией об изменениях показателей технического состояния за определенное время эксплуатации подвижного состава. Самый удобный способ рассмотрения изменения технического состояния подвижного состава – использование функции надежности, т.е. вероятности безотказной работы. Такая вероятность до первого отказа выражается зависимостью

$$p(t) = \int_0^{\infty} f(t) dt, \quad (1.1)$$

или

$$p(t) = p(t_0 > t), \quad (1.2)$$

где  $t$  – текущее значение наработки транспортного средства или агрегата;  $t_0$  – наработка транспортного средства или агрегата до первого отказа;  $f(t)$  – плотность распределения времени исправной работы транспортного средства или агрегата.

На практике  $p(t)$  определяется по зависимости

$$p(t) = \frac{N(t)}{N_0}, \quad (1.3)$$

где  $N(t)$  – число транспортных средств (агрегатов), оставшиеся работоспособными в период наработки  $t$ ;  $N_0$  – первоначальное число используемых машин.

Также при оценке надежности подвижного состава используется вероятность отказов  $q(t)$ , которая взаимосвязана с  $p(t)$  следующим образом:

$$p(t) + q(t) = 1. \quad (1.4)$$

В общем случае график функции  $p(t)$  принимает вид, представленный на рисунке 1.

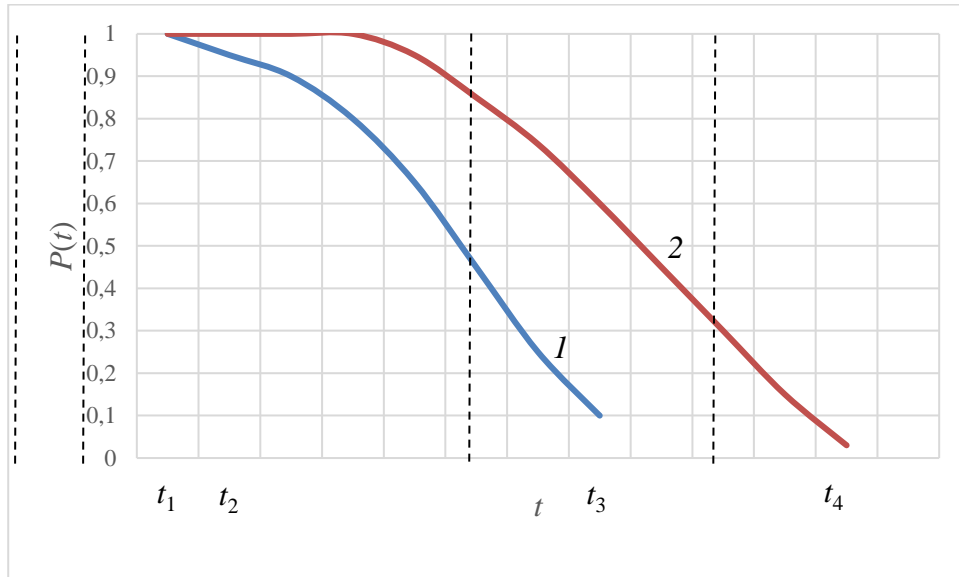


Рисунок 1.1 – Вероятность безотказной работы  $p(t)$

$t_1$  и  $t_2$  – наработка, при которой отказы транспортных средств отсутствовали;  $t_3$  и  $t_4$  – наработка, при которой отказали почти все транспортные средства

Кривая 1 отображает ситуацию, в которой работоспособность подвижного состава не поддерживается и не восстанавливается, кривая 2 – проводятся и мероприятия по поддержанию работоспособности подвижного состава и восстановлению работоспособности в случае серьезных сбоев.

Параметры технического состояние систем и подсистем подвижного состава находятся под влиянием производственных, конструктивных и эксплуатационных факторов.

Конструктивные и производственные факторы воздействуют в результате производственных процессов и представлены качеством сборки, обкатки, отдельными конструктивными особенностями и взаимосвязями конструктивных элементов в транспортном средстве, физико-механическими свойствами материалов, применяемых при производстве.

Эксплуатационные факторы: климатические условия, режим нагрузки, интенсивность использования подвижного состава, методы и качество проведения ТО и ТР и т.д.

Зависимость технического состояния от наработки подвижного состава наиболее важна, а ее математическое описание представляет наибольший интерес. Выбор вида математической зависимости определяет качество, простоту и достоверность диагностирования вероятности отказа и размера остаточного ресурса. Так, фактическую ломаную кривую, отображающую изменение параметров технического состояния, необходимо аппроксимировать плавной кривой.

Функция аппроксимации должна учитывать конструктивные и эксплуатационные факторы, физику изменений параметров состояния подвижного состава и интегрально показывать изменения от наработки. Функция должна быть и универсальной, и простой. Универсальной – потому что это позволит представлять эмпирические данные в зависимости от изменения параметра как линейную либо степенную, простой, т.е. не содержать большого количества коэффициентов и обеспечивать простое и понятное построение номограмм по результатам вычислениям.

Качество, достоверность и обоснованность полученных статистических данных обеспечивает достоверность и качество диагностирования состояния систем и подсистем подвижного состава, прогнозирование изменения остаточного ресурса [1, 2, 7].

Оценка по количественной шкале для подвижного состава автомобильного транспорта производится путем оценки интенсивности отказов и определяется по следующей зависимости:

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N(t)\Delta t}, \quad (1.5)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказов;  $n(t)$  – количество отказывающих однородных изделий;  $N(t)$  – среднее число изделий, исправно работающих в отрезок времени  $\Delta t$ .

### 1.3. Моделирование в прогнозировании надежности

При исследовании надежности машин широко используют как методы моделирования, так и теорию подобия. Моделирование и подобие находят применение в самых различных областях исследования надежности машин и материалов и служат основанием для постановки экспериментов, причем за основу моделирования надежности используют именно теорию подобия [30].

Теория подобия рассматривает свойства систем, обладающих подобностью, и требования, которые определяют существенные подобия рабочих процессов модели.

Модель – искусственный или естественный объект, отображающий основные качества изучаемого объекта [71]. При всех плюсах моделирования и теории подобия они не содержат универсальных рецептов решения тех или иных конкретных задач и служат базой для создания частных методов, моделей для решения частных задач в различных областях знаний, в том числе применительно к прогнозированию надежности ПС АПТ.

На основе методов подобия и моделирования разработана методология, которая позволяет структурировать процесс получения и переработки информации об объектах, рассматривать взаимодействующие с внешней средой и друг с другом объекты. Это дает возможность определять моделирование как создание системы-аналога, имеющей схожесть с данной системой в основных ее свойствах. Подобие явления трактуется как свойство рабочих процессов, обнаруженных при исследовании одного явления, которое допустимо применить во всех похожих случаях. Важно отметить, что в данной ситуации модель не обладает подобием всех возможных процессов. Модель выстраивается только для подобных процессов, определенных в соответствии с методами теории подобия.

При моделировании необходимо сформулировать правила для перевода информации, поступившей при испытании модели-аналога, в информацию, относя-

щуюся к самому объекту. Такие правила нагляднее всего выражаются в математических соотношениях у модели-аналога. Эта часть теории подобия, эксперимента и др. рассмотрена в работах П.М. Алабужева [3], В.А. Венникова [27], Л.В. Дехтеринского [48], Л.М. Минкевича [3] и Л.И. Седова [126], применение основных положений которых делает возможным планирование экспериментов и проведение прикладных исследований для отдельно взятых объектов исследования. Кроме того, рекомендуется применять основы теории подобия для экспериментов в натуре с использованием физических моделей для задач энергетики [27]. Безусловно, теоретическая значимость данного исследования высока, но применительно к моделированию надежности ПС АПТ оно не применимо.

Классическое подобие явлений подробно изучено с изложением анализа размерностей физических величин [14, 108]. Авторы этих работ выявили, что физическое подобие всегда будет приближенным; необходимо постоянство как соотношения протяженности, так и постоянства между другими переменными состояниями, существенными для рассматриваемого физического явления. Методы моделирования необходимых групп факторов с использованием необходимой системы масштабных множителей обоснованы в [3, 62, 107, 125]. Использование закономерностей межсистемных переходов делает возможным изучение моделей физических процессов натурального объекта. Модель раскрывает закономерности, которые применимы не только для одного объекта, но и для всех остальных, отвечающих свойству подобия. Закономерности перехода от аналога к модели и обратно изложены в работах [27, 84], а такие закономерности являются качественным средством физического аналога.

Прогнозирование надежности при проектировании различных механических систем подробно рассматривается в монографии К.Н. Войнова [30], в частности, предложены методы расчета структурных схем и изучены методы схемного анализа надежности. Показано, что при составлении расчетных схем того или иного объекта выбранные критерии отказов элементов состоят в неразрывной связи с рас-



смаатриваемым процессом. Там же при известных вероятностях безотказной работы элементов системы и на основании структурной схемы приводятся примеры для достаточно простых систем по проведению определения вероятности безотказной работы. Прогнозированию двух взаимно независимых типов отказов – постепенного и внезапного – уделено особое внимание, проведены оценка и прогнозирование безотказной работы на основе рабочих чертежей и известной сложности технического исполнения отдельных узлов. Теоретический расчет в дальнейшем корректируется за счет данных об эксплуатации системы и сроков проведения ТО и ТР. Для максимально точного прогнозирования элементы технической системы делят на две группы: а) с деталями, выход из строя которых приводит к аварийному состоянию, б) прочие детали. Рекомендуется дополнительно рассматривать наличие пар трения и вероятную скорость износа элементов детали. Термин «надежность» понимается как связанный только с безотказностью, что требует уточнения.

Правила, общие принципы и порядок прогнозирования надежности изделий сформулированы в [46]. Регламентируется использование расчетных, экспертных, опытно-статистических методов и методов исследовательских испытаний при прогнозировании надежности. В качестве исходной информации рекомендуется использовать банки данных изделий-аналогов, конструкторскую документацию, сведения об условиях эксплуатации изделий. В качестве основного рекомендуется расчетный метод, т.к. при использовании его учитываются следующие факторы: предельные состояния деталей и сборочных единиц, физические явления отказов, внешние воздействия, прямые и косвенные связи между деталями и сборочными единицами, кинематические и динамические характеристики конструкции.

Для прогнозирования надежности необходимо представить триаду «деталь – сборочная единица – изделие» в виде иерархической системы [46].

Физико-химические основы надежности и прогнозирование надежности машин указаны в монографии [86]. В ней сам процесс прогнозирования проходит в три этапа: ретроспекция, диагностика, прогноз. Рассмотрены и уточнены основные

задачи прогнозирования надежности машин, но по большей части задачи не относятся к прогнозированию надежности новых изделий. Методы прогнозирования разделены на моделирование, экспертные оценки, статистические на основе данных, полученных на предварительных исследованиях. Экспертные методы прогнозирования позволяют сделать вывод о надежности изделия на основе статистического анализа множества оценок специалистов

Моделирование осуществляется на основе положений теории подобия и заключается в следующем. Исходя из подобия показателей варианта А модификации изделия, уровень надежности которого известен, и ряда свойств модификации Б того же изделия, надежность которого необходимо выяснить, субъективно оцениваются показатели надежности, что некорректно для прогнозирования.

Один из вариантов прогнозирования надежности рассматривается в монографии [125]. Здесь проверка проводится на стадиях проектирования, доработки выявленных недостатков в опытных образцах, совершенствовании изделий при серийном производстве. Подробно изучено прогнозирование надежности при наличии данных и результатов исследования аналогов, на основании которых рекомендовано создание математических моделей надежности (ММН). Определены принципы построения ММН с использованием предыдущих образцов, рекомендованы методики определения параметров ММН для износных и усталостных отказов и внезапного разрушения. Приведены примеры прогнозирования различных узлов и агрегатов на основе данных об эксплуатационных отказах таких деталей. Прогноз построен по методу максимума правдоподобия.

Структурные схемы надежности, порядок составления и расчета рассмотрены в работах [16, 43, 45]. Сама структурная схема надежности [16] формируется на основе изображения механической системы с учетом типа соединения частей различных уровней: параллельного и последовательного. Само же изделие изображается в виде цепочки элементов системы, где отказ хотя бы одного из таких элементов прекращает работоспособность всей системы в целом. Даже при отказе одного из элементов можно сохранить удовлетворительную работоспособность при

параллельном подключении. Аналитические соотношения для определения вероятности безотказной работы для случаев как параллельного, так и последовательного подключения элементов в схемах надежности приведены в [16, 30, 157, 44, 118].

Расчеты на прочность и долговечность конструкции в условиях мало- и многоцикловом переменных нагружениях рассматривают в [91, 93, 92, 100]. Показано, что при основных конструкционно-производственных отказах изделий причиной становится усталостное разрушение как элементов конструкции, так и их сварных соединений в условиях многоцикловых нагружений. Для таких случаев для прогнозирования показателей безотказности и надежности сформулирована скорректированная линейная гипотеза суммирования усталостных повреждений [92, 93]. Согласно данной гипотезе, изменение напряжений хорошо описывается блочным нагружением, где один блок нагружения формируется из  $Z$  ступеней с амплитудой напряжения  $\sigma_{ai}$  и числа циклов повторения данной амплитуды в блоке  $v_i$  (рисунок 1.2).

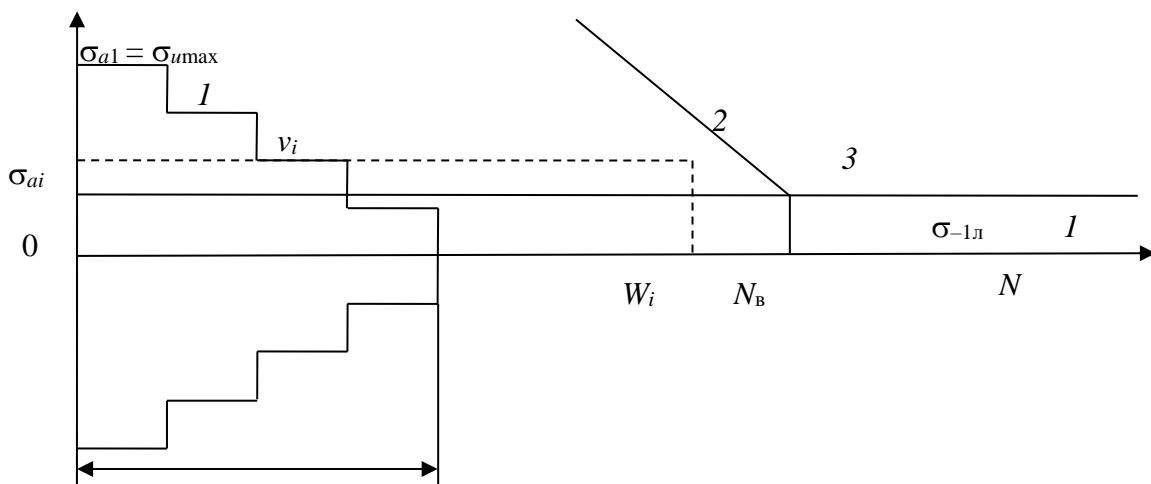


Рисунок 1.2 – Схема к пояснению линейной гипотезы суммирования усталостных повреждений несущего элемента машины [100]

$1$  – блок нагружения;  $2$  и  $3$  – характеристики усталости материала

Количество блоков до разрушения элемента  $\lambda$  для горизонтального характера усталости [100]

$$\lambda = \frac{a_p \sigma_{-1д}^m N_G}{\sum \sigma_{ai}^m v_i}, \quad (1.6)$$

$$a_p = \sum_{i=1}^z \frac{\bar{n}_i}{N_i}, \quad (1.7)$$

где  $a_p$  – сумма относительных долговечных;  $n_i$  – число циклов повторения амплитуды напряжений до разрушения элемента;  $N_i$  – число циклов до разрушения детали по кривой усталости при той же амплитуде напряжений  $\sigma_{ai}$ ;  $\sigma_{1д}$  – предел выносливости натурной детали или натурального сварного соединения;  $m$  – показатель наклона левой части ветви нулевой усталости до начала горизонтального участка правой части ветви;  $v_i$  – число циклов повторения циклов нагружения.

На основе формул (1.6) и (1.7) производится расчет усталостной долговечности детали, состоящей из блоков нагружения  $\lambda$  либо из наработки в моточасах или километрах, что позволяет определить среднюю наработку до отказа того или иного элемента.

При использовании допущении о равенстве фактического изменения амплитуд напряжений  $\sigma_{ai}^*$  в подобной детали ПС АПТ, тогда получаем:

$$\sigma_{ai}^* = \frac{\sigma_{ai}}{K_1}, \quad (1.8)$$

где  $K_1$  – коэффициент пропорциональности, учитывающий изменение свойств детали проектируемой машины.

Каждый блок нагружения для проектируемой машины представлена  $Z$  ступеней, для каждой характерна амплитуда напряжений  $\sigma_{ai}^*$  и числом циклов повторения нагрузки  $v_i$ .

Тогда средняя наработка на отказ элемента проектируемого изделия:

$$\lambda^* = \frac{a^* \sigma_{-1д}^m N_G^*}{\sum \sigma_{ai}^m v_i}. \quad (1.9)$$

Существенным недостатком данных формул определения средней наработки на отказ является сложность нахождения как напряжений, так и остальных величин в формуле.

#### 1.4. Подобие процессов наступления отказов

Все отказы элементов ПС АПТ связаны с износом и усталостью сопряженных поверхностей. Авторы [97, 113, 121, 125] рекомендуют зависимости, нахождение точных решений в которых возможны лишь при экспериментальном определении ряда коэффициентов. Однако с учетом законов моделирования можно обобщить результаты эксперимента. Законы моделирования в данном случае позволяют определить критерии подобия, т.е. величины, которые показывают одинаковые значение как для аналога, так и для модели. В этом случае критерии формируются как степенные комплексы из различных размерных величин в соответствии с масштабированием показателей. Все это дает возможность для простого переноса на исследуемые натурные объекты результатов экспериментов.

Основным вопросом в данной ситуации становится определение масштаба моделирования в качестве основного критерия. Для моделирования масштаб или коэффициента подобия определяется отношением параметров аналога и модели. Существующие параметры рабочего процесса изделия или элемента определяют количество таких коэффициентов подобия.

Таким образом, линейное преобразование связывает между собой основные параметры ( $Q_j = 1, 2, 3, \dots, n$ ) модели ( $Q$ )<sub>м</sub> и аналога ( $Q$ )<sub>а</sub> lk [100]

$$(Q_j)_m = (Q_j)_0 (Q_j)_a, \quad (1.10)$$

где  $(Q_j)_0$  – масштаб моделирования величины  $(Q_j)$ , характеризующей протекание физического процесса в  $j$ -м узле технической системы.

В итоге при моделировании процессов в технической системе масштаб  $(Q_j)_0$  представляется безразмерным коэффициентом без каких-либо привязок к координатам и ко времени. Исходя из определения подобия модель и аналог являются схожими объектами, в т.ч. в части геометрии, т.е. все геометрические параметры (длина  $l$ , площадь  $S$ , объем  $V$ ) сопоставляются масштабом, кратным  $l_0$ , где линейный масштаб является масштабом геометрического подобия:

$$\frac{L_M}{L_a} = l_0 \frac{S_M}{S_a} = l_0^2 \frac{V_M}{V_a} = l_0^3. \quad (1.11)$$

Масштаб времени для процессов модели  $(t_M)$  или аналога  $(t_a)$ :

$$\tau = \frac{t_M}{t_a}. \quad (1.12)$$

Соответствующие физические величины, например, температуры  $t(X, Y, X, t)$ , напряжений  $\sigma_{ij}(X, Y, X, t)$ , перемещений  $U(X, Y, X, t)$  сопоставимы в одни и те же моменты времени.

$$\frac{t_M}{t_a} = t_0, \quad \frac{(U_t)_M}{(U_t)_a} = U_0, \quad \frac{(\sigma_{ij})_M}{(\sigma_{ij})_a} = \sigma_0, \quad (1.13)$$

где  $t_0, U_0, \sigma_0$  – масштабы, не зависящие от пространственных координат и времени;  $i, j = X, Y, Z$ .

Ряд коэффициентов, имеющих безразмерный характер, например, коэффициенты деформации анизотропного тела  $V_{ij}(i \neq j)$ , тензора деформации  $\varepsilon_{ij}(X, Y, Z, t)$  и т.д. рекомендуется приравнять к единице, т.к. авторы [27, 133] рекомендуют приравнять независимые безразмерные комбинации как для модели, так и аналога [100]

$$\frac{(\sigma_{ij})_m}{(\sigma_{ij})_a} = (\sigma_{ij})_0 = 1, \quad \frac{(v_{ij})_m}{(v_{ij})_a} = (v_{ij})_0 = 1. \quad (1.14)$$

Условия подобия позволяют перейти от модели к аналогу после перемножения точек с характеристиками по результатам экспериментов на коэффициенты масштаба. Подобным образом результаты эксперимента проецируются на всю группу явлений.

Установлено, что критерии сами по себе не являются предпосылками наличия подобия между процессами и явлениями, но рассматриваются как функция, определяющая подобие. Данная функция должна включать в себя как параметры элементов системы, так и независимые параметры процесса.

Таким образом, на основании проведенного обобщения результатов исследований сформулирована следующая структура критериев подобия.

Гомохронность  $C_{H0}$  – основной критерий, раскрывающий взаимосвязь скорости  $V$ , длины  $L$  и масштабов времени, выраженный из уравнений [100]

$$V = \frac{dL}{dt}, \quad (1.15)$$

следовательно

$$C_{H0} = \frac{Vt}{L}. \quad (1.16)$$

Аналогично, при вращательном движении  $C_{H0} = \omega t$ . Значение критерия подобия определяется из уравнения

$$F = m_j = \frac{d^2L}{dt^2}. \quad (1.17)$$

Критерий Ньютона выражается следующей зависимостью [100]

$$C_{Ne} = \frac{Ft^2}{m_j L}. \quad (1.18)$$

В случае вращательного движения:

$$M_{\text{вр}} = \frac{d}{dt} \left[ \frac{1}{2} J_0 \left( \frac{d\varphi}{dt} \right)^2 \right], \quad (1.19)$$

где  $\varphi$  – угловое смещение;  $J_0$  – момент инерции вращающейся массы,  $\text{Нс}^2$ .

Учитываем критерий гомохронности и преобразуем критерий Ньютона [100]

$$C_{\text{Ne}} = \frac{M_{\text{вр}}}{j_0 \omega^2}. \quad (1.20)$$

Данные критерии предполагают, что к сходным материальным точкам, находящимся в сходных системах, выполняющих сходные функции, приложены сходные силы. Таким образом, должны существовать соотношения, выражаемые масштабами. Исходя из положений теоретической механики данные масштабы будут пропорциональны массе тел. Это подобие выводится из уравнений

$$F = m_y \frac{dL}{dt^2}, F = m_j g, C = \frac{L}{gt^2}, \quad (1.21)$$

где  $L$  – перемещение, м.

Из полученного выражения при умножении на квадрат критерия гомохронности получаем критерий Фруда [100]

$$C_{Fr} = \frac{V^2}{gL}, \quad (1.22)$$

где  $V$  – скорость, м/с.

Критерии в подобных системах определяются из следующих соотношений.

С одной стороны  $F$  выражается через силу, приложенную к элементу узла:

$$F = \varepsilon EL^2, \quad (1.23)$$



где  $\varepsilon$  – относительное удлинение элемента под действием силы  $F$ ;  $E$  – модуль Юнга первого рода, Н/м<sup>2</sup>;  $L$  – линейный размер элемента, м.

С другой стороны,  $F$  определяется по уравнениям:

$$F = m_j \frac{L}{t^2} = \rho L^3 \frac{L}{t^2} = \rho L^2 V^2, \quad (1.24)$$

где  $\rho$  – плотность материала элемента, кг/м<sup>3</sup>.

Итоговое уравнение выглядит следующим образом:

$$C = \frac{\rho V^2}{\varepsilon E}. \quad (1.25)$$

Исходя из вышесказанного и применяя критерий подобия Коши, получаем:

$$C_{ca} = \frac{V}{\sqrt{\frac{\varepsilon E}{\rho}}}. \quad (1.26)$$

Кроме рассмотренных критериев, при возможных изменениях в конструкции изделия можно применять следующие критерии: а) относительное напряжение в момент образования усталостных микротрещин

$$C_{MT} = \frac{\sigma_{max}}{E}, \quad (1.27)$$

где  $\sigma_{max}$  – максимальные напряжения в материале элемента,

б) относительная длительность процесса разрушения:

$$C_{ин} = \frac{N_r}{N_t}, \quad (1.28)$$

где  $N_t$  и  $N_r$  – число циклов нагружения элемента до появления усталостных трещин и до начала разрушения соответственно.

Поскольку обеспечение надежности изделия начинается еще на стадии проектирования, то из изложенных выше основных положений теории подобия ПС

АПТ одной марки при эксплуатации в одинаковых условиях и влиянии одинаковых внешних факторов можно характеризовать одинаковыми зависимостями безотказной работы.

### 1.5. Показатели эффективности использования ПС АПТ

В качестве интегрального критерия оценки эффективности ПС АПТ рекомендуется использовать технико-экономический критерий [103], т.к. он сводит все показатели к единому результату, выраженному в общей единице измерения.

При оценке конструктивной эффективности автомобиля предлагается интегральный критерий рентабельности [65]

$$R = \frac{K_1 m_{1p} \beta V_t}{(K_2 \alpha V_t + K_3 \alpha \beta t_{np} V_t^2) \left( K_4 Q_5 K_5 T_{\text{тоиП}} + K_6 \frac{N_{\text{ш}}}{L_{\text{ш}}} + K_7 \right) \left( \frac{K_8}{(1 + E_n) \frac{L_{\text{АТС}}}{K_9 \alpha V_t - 1}} + K_9 \right) (\beta t_{np} V_t + K_{10})}, \quad (1.29)$$

$$K_1 = T l_{\text{ЕГ}} T_{\text{н}} 365; K_2 = l_{\text{ЕГ}} T_{\text{н}} 365; K_3 = T_{\text{н}} 365; K_4 = \frac{\Pi_{\text{Т}} + a \Pi_{\text{М}}}{100}; K_5 = \frac{\Pi_{\text{ЗР}}}{1000}; K_6 = \Pi_{\text{ш}}; K_7 = \frac{N_{\text{ЗЧ}}}{1000};$$

$$K_8 = (b \Pi_{\text{АТС}} - \Pi_{\text{с}}) E_n; K_9 = \text{З}_{\text{ЗП}} + \text{З}_{\text{Н}} + \text{Н}_{\text{Г}} + K_8; K_{10} = l_{\text{ЕГ}},$$

где  $T$  – доходная ставка, руб./т·км,  $l_{\text{ЕГ}}$  – длина поездки с грузом, км,  $T_{\text{н}}$  – время в наряде, ч;  $\Pi_{\text{Т}}$ ,  $\Pi_{\text{М}}$ ,  $\Pi_{\text{ш}}$ ,  $\Pi_{\text{АТС}}$ ,  $\Pi_{\text{с}}$  – цена 1л топлива, горюче-смазочных материалов, одной шины, стоимость нового транспортного средства, остаточная стоимость при списании или сдаче в капитальный ремонт, руб;  $\Pi_{\text{ЗР}}$  – общая стоимость одного часа работы ремонтного рабочего, руб.;  $N_{\text{ЗЧ}}$  – норма затрат на запасные части, руб./1000 км;  $N_{\text{ш}}$  – количество шин;  $L_{\text{ш}}$  – пробег шин, км;  $L_{\text{АТС}}$  – пробег автотранспортного средства до списания или капитального ремонта, км;  $S_{\text{Г}} = V_{\text{Т}} T_{\text{н}} 365 \alpha$  – годовой пробег автотранспортного средства;  $E_n$  – нормативный коэффициент эффективности;  $a$  – соотношение расхода смазочных материалов и топлива;  $b$  – коэффициент дополнительных затрат, связанных с приобретением автотранспортных средств;  $\text{З}_{\text{ЗП}}$ ,  $\text{З}_{\text{Н}}$ ,  $\text{Н}_{\text{Г}}$  – годовые затраты на заработную плату водителя, накладные расходы и годовые налоги, связанные с конструкцией автотранспортного средства, руб.;  $m_{\text{ГР}}$  –

масса груза, перевозимого автотранспортным средством, т;  $V_T$  – средняя скорость на маршруте, км/ч;  $Q_S$  – путевой расход топлива, л/100 км;  $T_{\text{ТОиР}}$  – удельная трудоемкость технического обслуживания и ремонта, чел.-ч/1000 км;  $t_{\text{пр}}$  – продолжительность процесса погрузки-разгрузки поездки, ч;  $\alpha$  – коэффициент выпуска на линию;  $\beta$  – коэффициент использования пробега.

Этот критерий рентабельности сложен для исследования, поэтому практически не используется.

При исследовании совершенствования информационного обеспечения технической эксплуатации ПС АПТ рекомендовано в качестве критерия эффективности работы транспортного средства использовать расходы АТП и факторы, влияющие на затраты [119].

Также при исследовании влияния мероприятий по сокращению средней наработки на отказ и времени простоя во время ТО и ТР предлагается в качестве критерия эффективности принять минимум затрат на проведение необходимого объема ТО и ТР [94].

Система показателей эффективности при эксплуатации автобусов, которая включает в себя как безотказность, так и интенсивность использования автотранспортных средств предложена в [61, 63]; учитываются затраты труда и финансовые затраты.

Таким образом, в настоящее время при оценке эффективности использования автотранспортных средств большинство ученых использует технико-экономический критерий, который сводится к минимуму затрат либо на ТО и ТР, либо в целом на осуществление производственной деятельности.

Существующий механизм оценки эффективности использования городских автобусов основывается на работе [104] и представляет собой развитие технико-экономического критерия совместно с структурно-производственным анализом деятельности автотранспортного предприятия. Такое применение технико-экономического критерия производится в рамках ограничений по социальному и экологическому факторам.

При структурно-производственном анализе выявляются взаимосвязи показателей подразделений АТП, полученных в результате работы и реализации производственного процесса [95, 101]. Здесь исходными данными служат показатели ТО и ТР, показатели по парку автобусов, материальная база предприятия, показатели, характеризующие персонал и условия эксплуатации [88, 124].

Оценка проводится в следующем порядке:

а) рассматривается качество перевозки пассажиров, для этого необходимо рассчитать фактическую регулярность движения, которая в дальнейшем приравнивается значению параметра качества [138]

$$\mathcal{E}_k = K_p = \frac{(T_n - T_0)^\phi}{(T_n - T_0)}, \quad (1.30)$$

где  $K_p$  – коэффициент регулярности перевозок;  $T_n$  – время в наряде;  $T_0$  – время нулевых пробегов;  $(T_n - T_0)^\phi$  – фактическое время работы на линии;  $(T_n - T_0)$  – плановое время работы на линии;

б) оценивается экономическая эффективность использования подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта.

Для проведения оценки необходима информация о технико-экономических показателях и их взаимосвязях, что определяет порядок проведения анализа (рисунок 1.3).

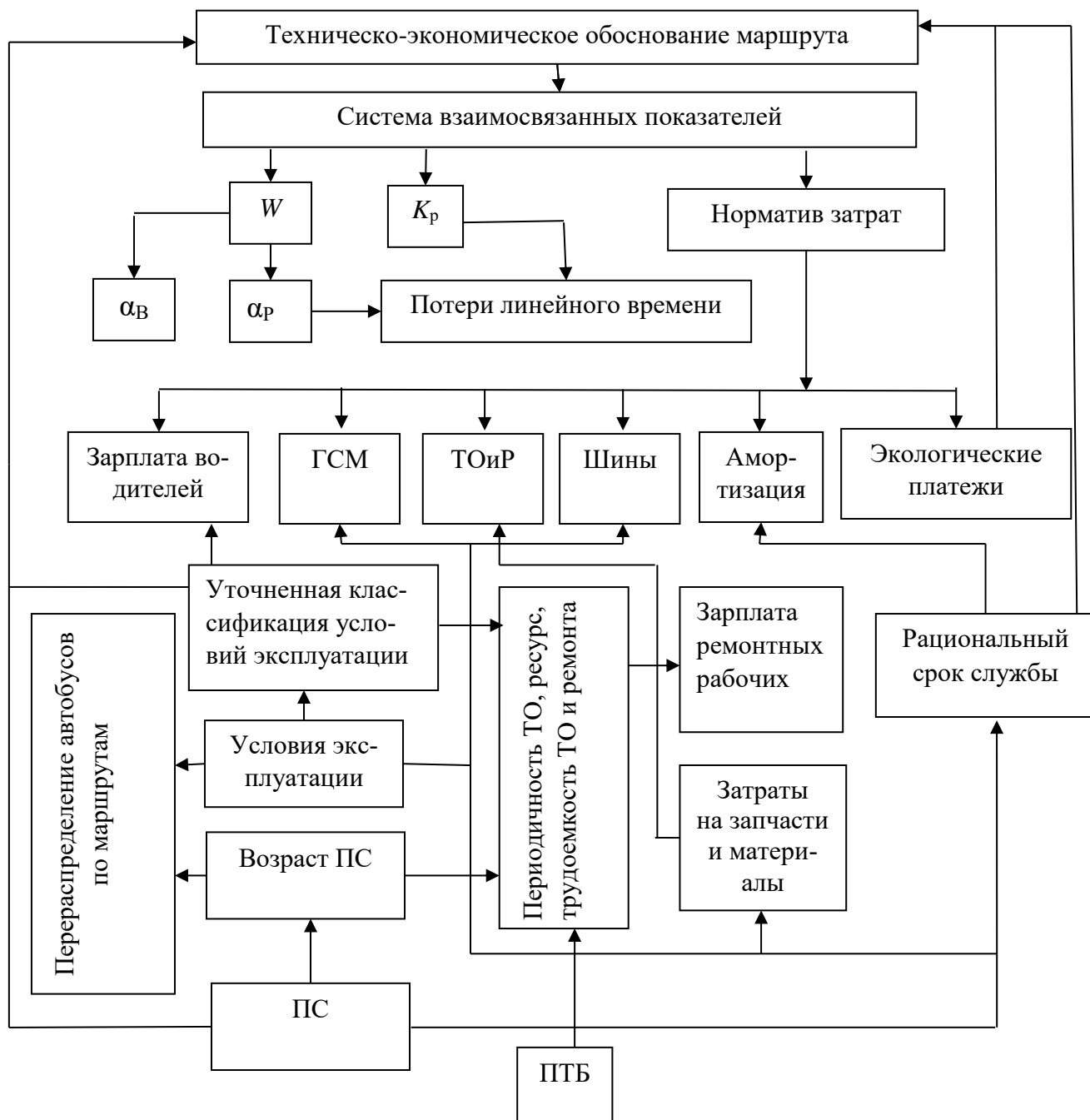


Рисунок 1.3 – Блок-схема комплексной оценки эффективности использования ПС АПТ [103]

Сам же алгоритм оценки представлен на рисунке 1.4.

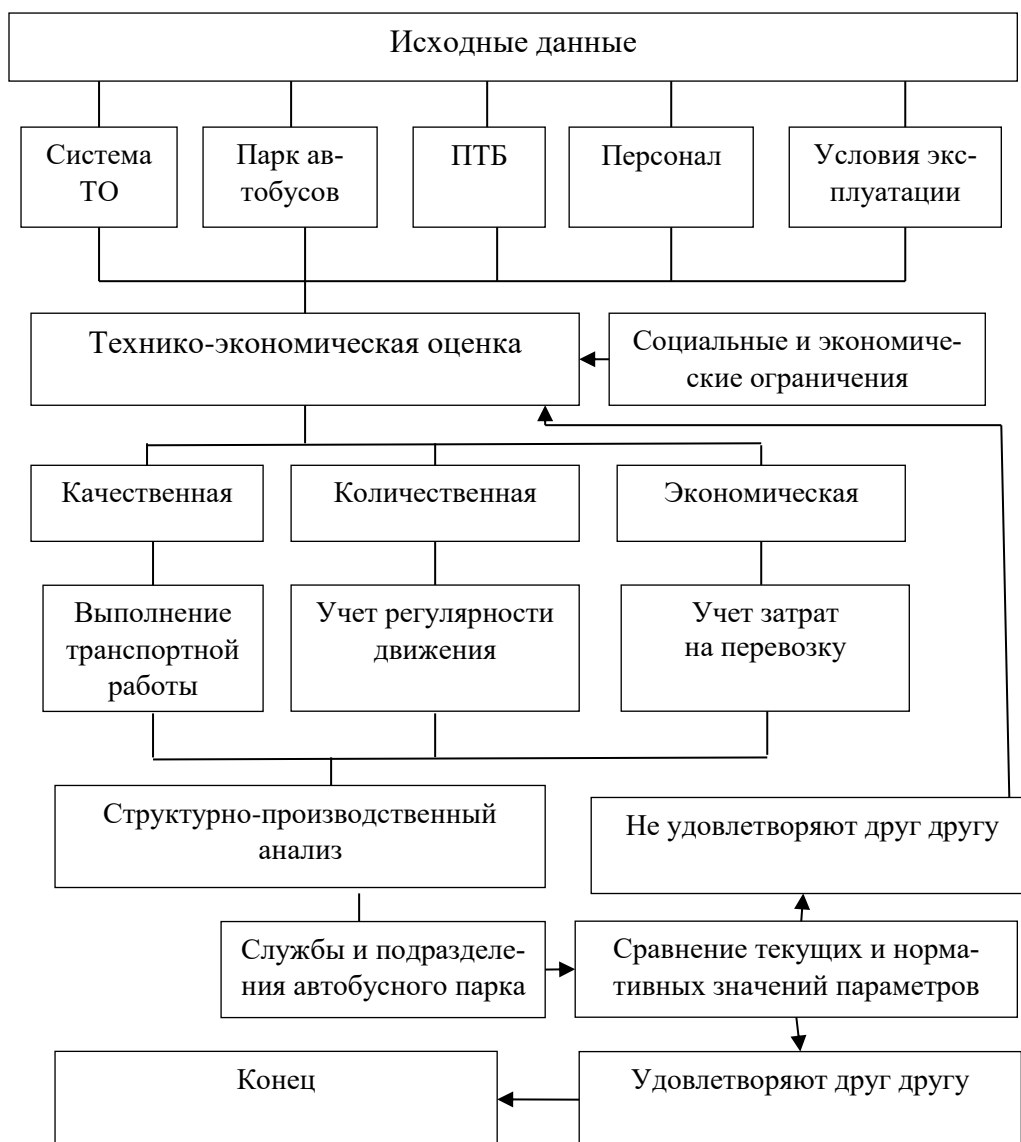


Рисунок 1.4 – Блок-схема эффективности использования городских автобусов

[103]

Для проведения экономической оценки:

– рассчитываются плановые затраты перевозки, после чего используются данные о проделанной работе для определения фактических затрат на перевозку пассажиров; показатель эффективности использования подвижного состава рассчитывается по формуле [64, 103, 138]

$$\Theta_3 = 1 - \frac{C_\phi - C_\pi}{C_\phi}, \quad (1.31)$$

где  $C_\phi$  – фактические затраты на перевозки;  $C_\pi$  – плановые затраты на перевозки;

– следующий критерий оценки эффективности использования подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта является производительность, которая исследуется на основе понятия плановой транспортной работы:

$$W^n = D_k \alpha_T^\pi (1 - \alpha_H^\pi) q \gamma^\pi V_\Delta^\pi (T_H^\pi - T_0^\pi). \quad (1.32)$$

При сравнении плановых показателей с фактическими получаем критерий эффективности по производительности [138]

$$\mathcal{E}_\pi = 1 - \frac{W_\pi - W_\phi}{W_\pi}, \quad (1.33)$$

где  $W_\pi$  – фактический объем транспортной работы;  $W_\pi$  – плановый объем транспортной работы;

– на основании рассмотренных значений определяется интегральный показатель эффективности использования автобусов [138]

$$\mathcal{E}_\pi = \mathcal{E}_k \mathcal{E}_\Delta \mathcal{E}_\pi, \quad (1.34)$$

где  $\mathcal{E}_k$  – эффективность качества перевозки пассажиров;  $\mathcal{E}_\Delta$  – показатель эффективности использования автобусов с экономической точки зрения;  $\mathcal{E}_\pi$  – показатель эффективности использования автобусов по производительности.

Развитие структурно-производственного анализа [94, 101, 102] позволило выявлять ремонтно-технические подразделения, обеспечивающие выполнение плановых показателей. Данная процедура производится в следующей последовательности.

Устанавливается плановый коэффициент технической готовности [64, 103]

$$\alpha_T^\pi = \alpha_B^\pi + \alpha_P^\pi, \quad (1.35)$$

где  $\alpha_B^\pi$  – плановый коэффициент выпуска;  $\alpha_P^\pi$  – плановый коэффициент резервных автобусов.

Служба перевозок определяет плановый коэффициент выпуска, учитывая состав парка подвижного состава и маршруты движения. Определение планового коэффициента резервных автобусов рассчитывается как [64, 103]

$$\alpha_p^{\Pi} = \frac{A_p}{A_{CC}}, \quad (1.36)$$

где  $A_p$  – необходимый размер резерва исправных автобусов, ед.;  $A_{CC}$  – среднесписочное число автобусов, ед.

Определяются простои в ТО и ТР, фактический и плановый:

$$\beta_p^{\Pi} = \frac{(1 - \alpha_T^{\Pi})}{\alpha_T^{\Pi}} l_{CC}; \quad (1.37)$$

$$\beta_p^{\Phi} = \sum_i^n \frac{\overline{t_{\text{пр}i}}}{x_{\text{пр}i}}, \quad (1.38)$$

где  $i = 1, 2, \dots, n$  – номер производственного подразделения;  $t_{\text{пр}i}$  – средний простой в ТО и ТР по  $i$ -му производственному подразделению, дн.;  $x_{\text{пр}i}$  – средняя наработка на один случай простоя по  $i$ -му подразделению, тыс. км.

Исходя из значений плановых и фактических простоев в ТО и ТР определяют самые отстающие подразделения и необходимую величину снижения удельных простоев.

Для обеспечения высокого уровня надежности необходимо максимально эффективно проводить мероприятия, снижающие время простоя. Линия перегиба в этом случае рассчитывается от приравнивания модулей первых производных (рисунок 1.5).



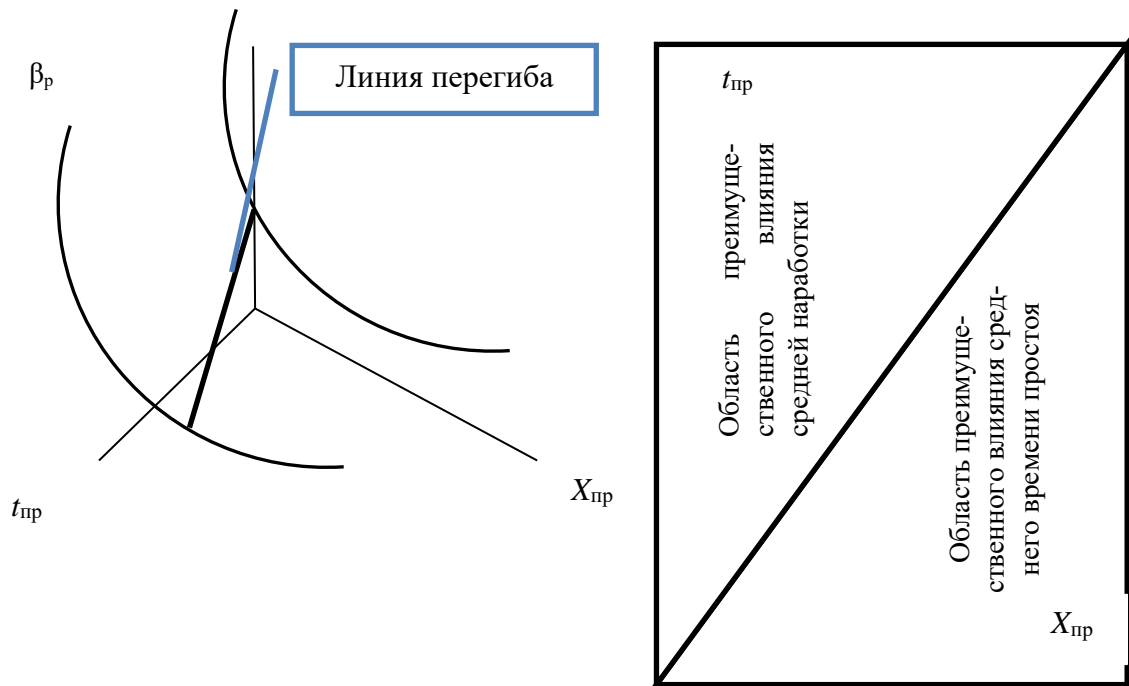


Рисунок 1.5 – Графическая интерпретация приоритета мероприятий по повышению надежности [103]

В конечном итоге решение принимается исходя из значения экономического критерия [104]

$$Z = \frac{Z(X_{пр})\Delta X_{пр}}{T_i} + \frac{Z(t_{пр})\Delta t_{пр}}{T_i} + \frac{Z(t)\Delta t}{T_i} \rightarrow \min, \quad (1.39)$$

где  $Z$  – общие затраты по каждому варианту;  $Z(x)$  – затраты, связанные с изменением наработки;  $X_{пр}$  – средняя наработка на простой;  $\Delta X_{пр}$  – изменение средней наработки на простой;  $Z(t_{пр})$  – затраты, связанные с изменением среднего простоя времени;  $\Delta t_{пр}$  – изменение среднего времени простоя;  $Z(t)$  – затраты, связанные с изменением величины потерь линейного времени;  $\Delta t$  – изменение величины потерь линейного времени;  $T_i$  – время реализации  $i$ -го проекта.

Отметим, что в использование критерия минимума затрат не дает гарантии, что предприятие получит выручку, достаточную для дальнейшей хозяйственной деятельности. Требованиям как по удовлетворению спроса населения на перевозки пассажиров автомобильным транспортом (т.е. при известном объеме выручки), так и рациональному обеспечению надежности ПС АПТ (т.е. минимизации затрат) обладает предложенный в работе критерий рентабельности.

#### Выводы к главе 1

1. Одним из важнейших показателей надежности техники вообще и ПС АПТ в частности является наработка на отказ.
2. Выводы теории надежности и теории моделирования позволяют распространять полученные зависимости на подобные изделия, элементы техники и ПС АПТ одинаковых марок.
3. Существующие критерии эффективности эксплуатации ПС АПТ не отвечают современным социально-экономическим условиям; предлагаемый нами критерий рентабельности позволяет определить как эффективность отдельной единицы подвижного состава, так и всего предприятия в целом.

## 2. СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ОТКАЗОВ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТО И ТР

### 2.1. Анализ и систематизация отказов ПС АПТ

Для крупнейших городов со значительными объемами перевозок пассажиров и сопутствующими эксплуатационными расходами необходимо вовремя ликвидировать вероятные отказы подсистем пассажирского автомобильного транспорта. Исходя из этого в данной диссертационной работе осуществлена разработка алгоритма прогнозирования поломок и отказов подсистем автомобильного пассажирского транспорта. Такой подход минимизирует потери от сорванных рейсов и затраты на эксплуатацию [138, 146].

Общепринято при прогнозировании отказов на автомобильном транспорте использовать методы марковских процессов, теорий надежности и вероятностей [8, 55, 90, 99]. Решение подобных задач на железнодорожном транспорте осуществляется так же методами теории систем [55, 56], когда выделяются отдельные системы, подсистемы и элементы, для каждого из которых определяется интенсивность отказа. В любом случае для разработки прогноза количества отказов необходимо на основании фактических данных определить закон вероятностного распределения [33, 142].

Данные по работе подвижного состава собраны на ЕМУП МОАП (Екатеринбург), в течение 2014 года. Существующие условия движения характеризовались третьей категорией эксплуатации согласно «Положению о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта» [119]. Однако этот документ охватывает только влияние таких факторов, как тип покрытия и рельеф. В настоящее же время немаловажную роль начинает играть уровень загрузки дорог движением.

Характерный для Екатеринбурга уровень загрузки в течение рабочего дня представлен на рисунке 2.1.

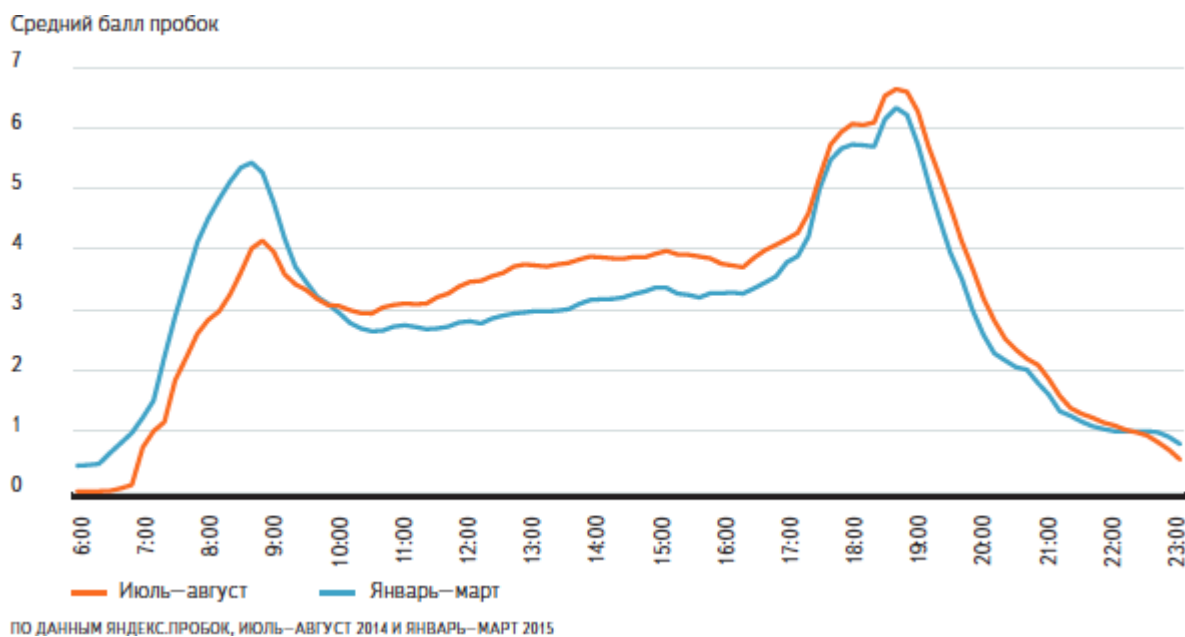


Рисунок 2.1 – Загруженность дорог Екатеринбурга в течение рабочего дня  
(по данным сервиса «Яндекс. Пробки»)

Четко выделяются два пика (выше 3,5 баллов) – с 7.30 до 9.30 и с 17.00 до 19.30. Бóльшую часть времени загрузка дорог соответствует 3 баллам, что говорит о наличии местных затруднений движения и о плотном движении в часы пик. Все это позволяет сделать вывод, что влияние условий движения изучены недостаточно, и предположить, что подвижной состав автомобильного пассажирского транспорта постоянно подвергается влиянию данного фактора в течение рабочего дня (в большей степени в часы пик и в меньшей – в остальное время).

В ходе анализа работы автомобильного пассажирского транспорта на маршрутах в г. Екатеринбурге, установлено распределение отказов по подсистемам подвижного состава (рисунки 2.2, 2.3).

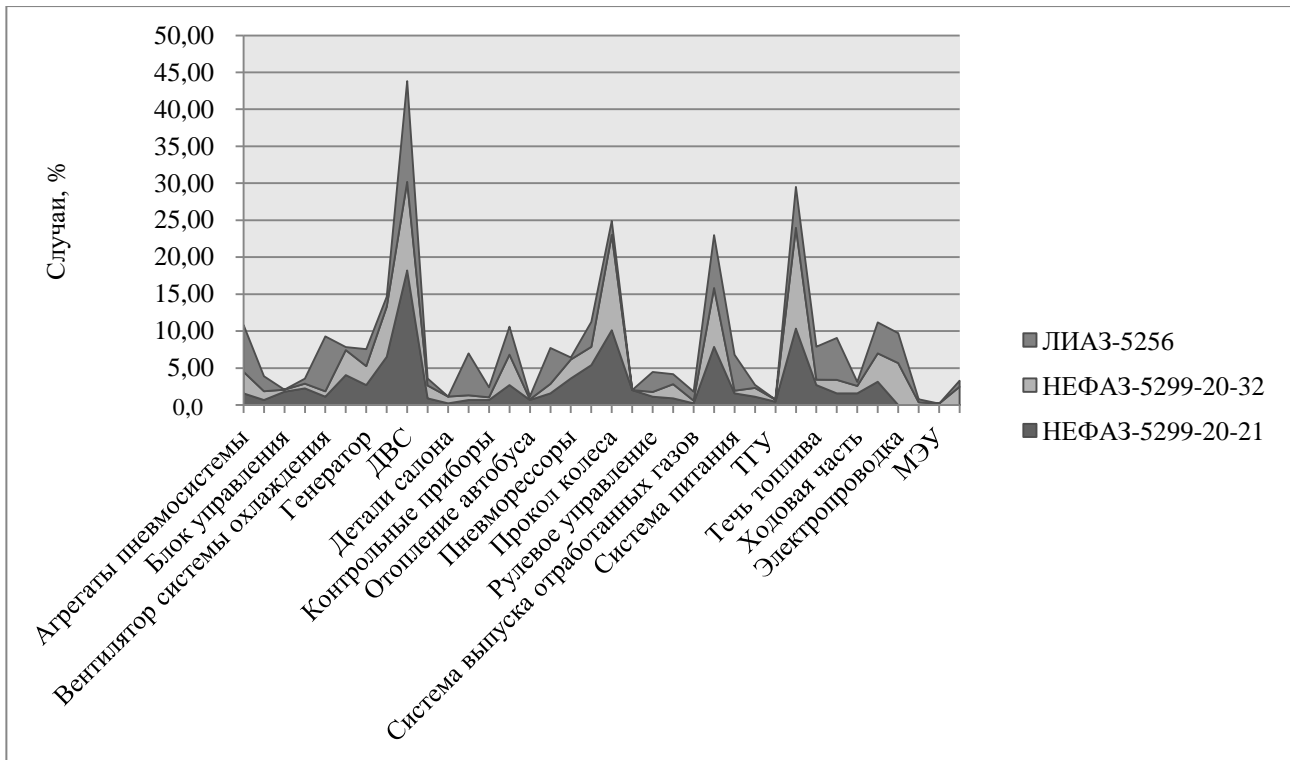


Рисунок 2.2 – Распределение отказов по подсистемам ПС АПТ по маркам транспортных средств [135, 146]

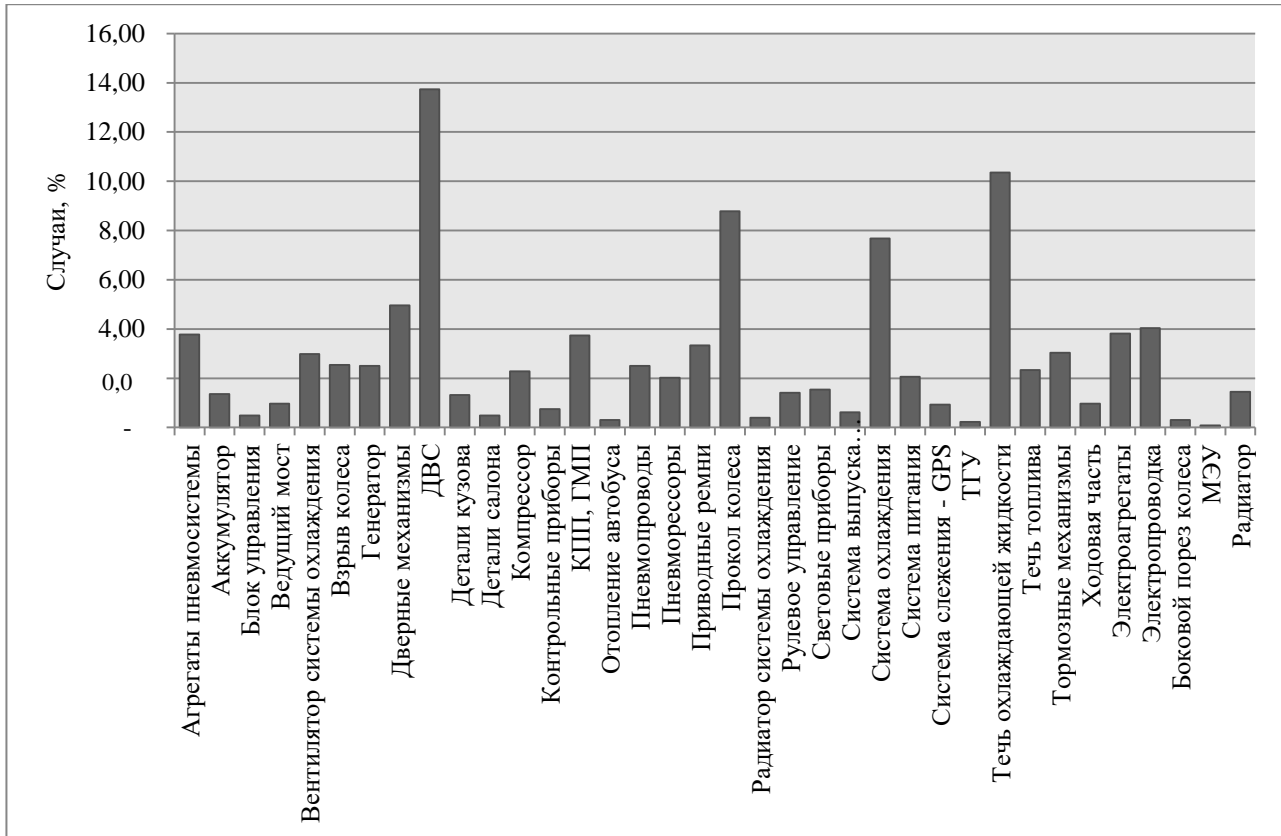


Рисунок 2.3 – Общее распределение отказов подсистем ПС АПТ [135, 146]

Исследования позволили установить, что наибольшую вероятность имеют такие отказы, как отказ двигателя внутреннего сгорания (ДВС) (13,73 %), течь охлаждающей жидкости (10,36 %) и прокол колеса (8,78 %).

Прокол колеса зависит от состояния проезжей части, и подобные условия движения рассматриваются «Положением о техническом обслуживании подвижного состава автомобильного транспорта» [119], а частые отказы ДВС и течь охлаждающей жидкости объясняются коротким циклом «разгон-торможение», который встречается при движении в плотных транспортных потоках.

Уменьшить частоту отказов можно скорректировав меры технического обслуживания и ремонта. Кроме того, рассматриваемые автобусы марки ЛИАЗ, значительно морально устарели в части конструктивных решений, что объясняет большее, по сравнению с маркой НЕФАЗ, количество по всем подсистемам.

Прокол колеса и вытекание охлаждающей жидкости и топлива сильно коррелируют с количеством сорванных рейсов (99 %) (рисунки 2.4, 2.5). Однако, несмотря на то, что они приводят как к потере возможной выручки, так и к необходимости дополнительных расходов на ремонт, данные виды отказов не включены в определения «отказа» [5, 29, 33].

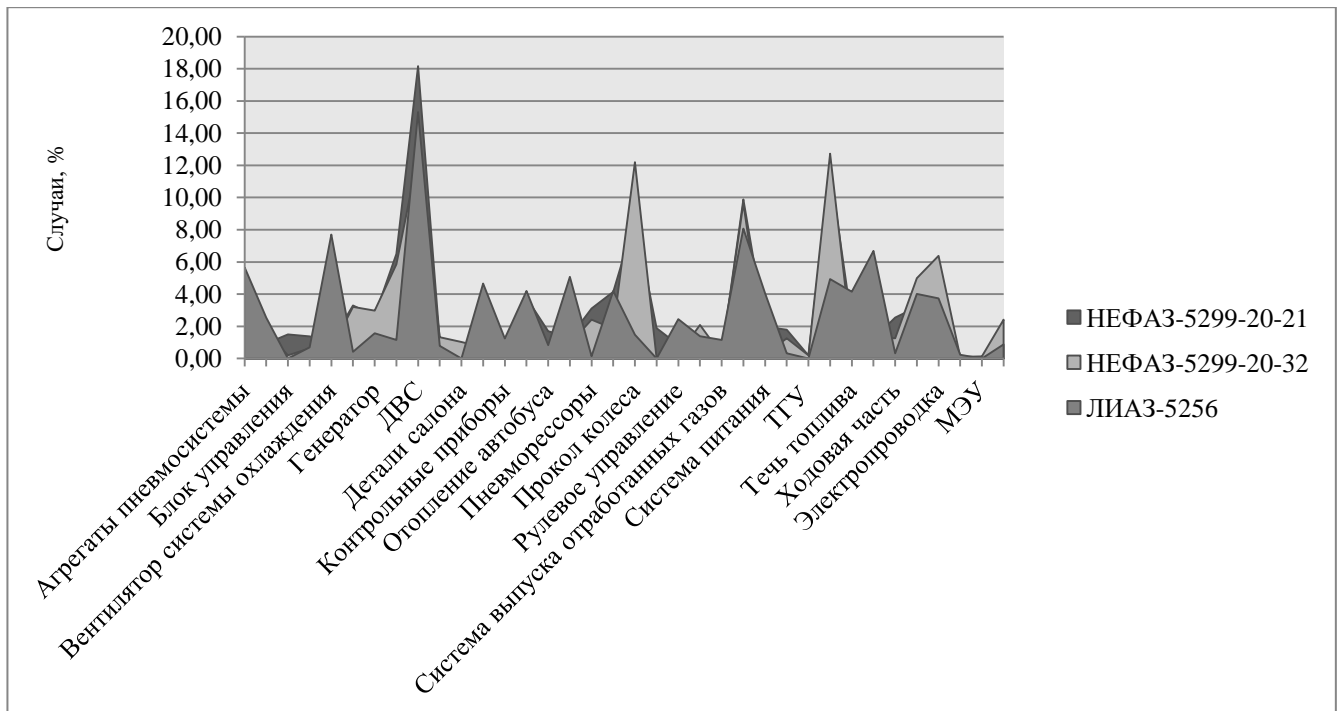


Рисунок 2.4 – Распределение сорванных рейсов из-за отказа подсистемы ПС АПТ по маркам транспортных средств [135, 146].

Кроме того, двигатель внутреннего сгорания (14,46 %) и течь охлаждающей жидкости (9,85 %), система охлаждения в целом (9,14 %), являются основными причинами сорванных рейсов, что подтверждает взаимосвязь с коротким циклом «разгон-торможение» [146]. В меньшей степени, но по-прежнему существенно на количество сорванных рейсов влияет прокол колеса, по причине которого происходит срыв 7,87 % рейсов в АТП. Поэтому предлагается уточнить определение «отказ» для ПС АТП, включив в него поломки, которые приводят к срыву рейсов и, следовательно, потере выручки.

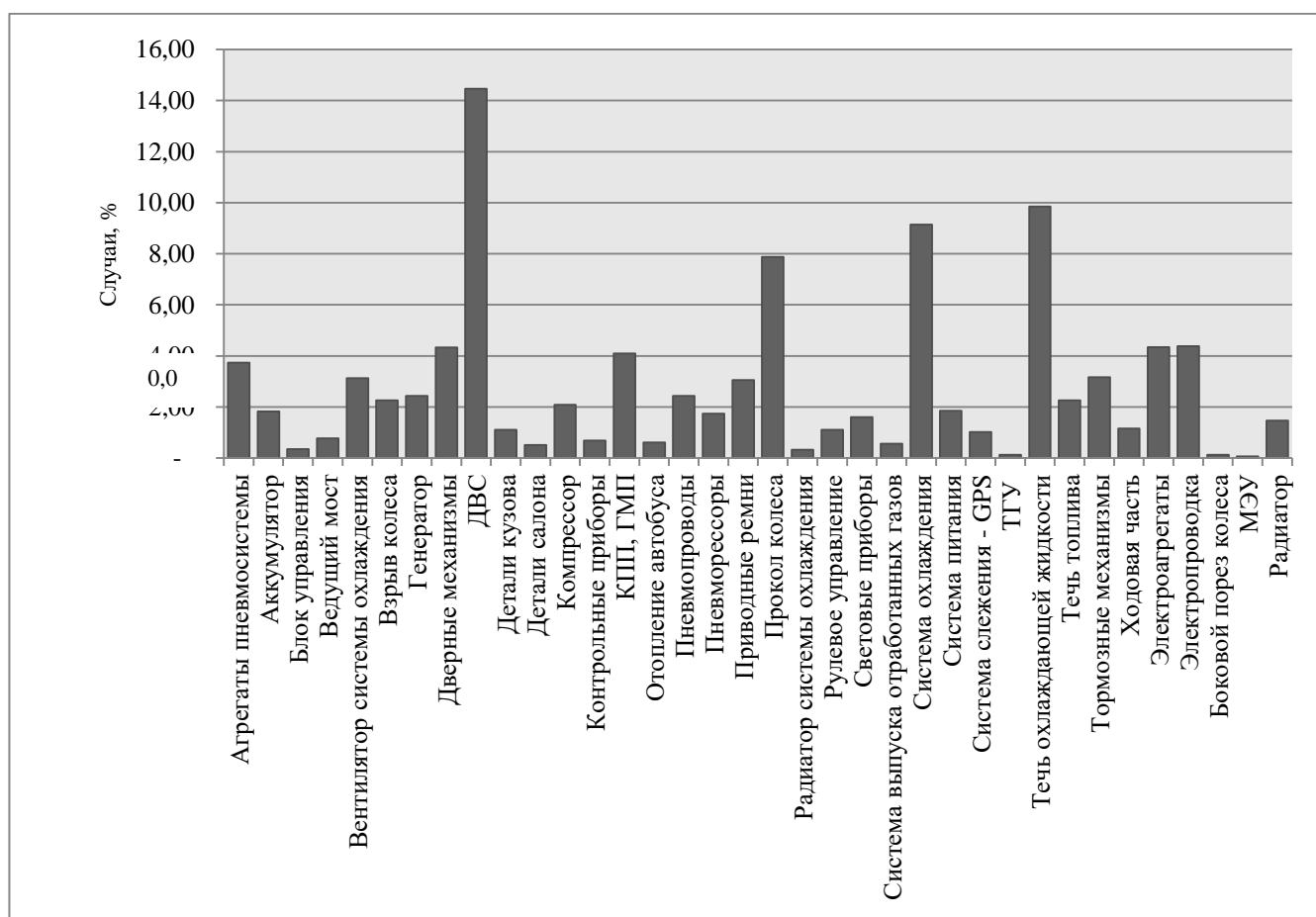


Рисунок 2.5 – Общее распределение сорванных рейсов из-за отказа подсистемы ПС АТП [135, 146]

Для прогнозирования отказов рейсов найдены распределения отказов в зависимости от пробега подвижного состава (рисунки 2.6, 2.7).

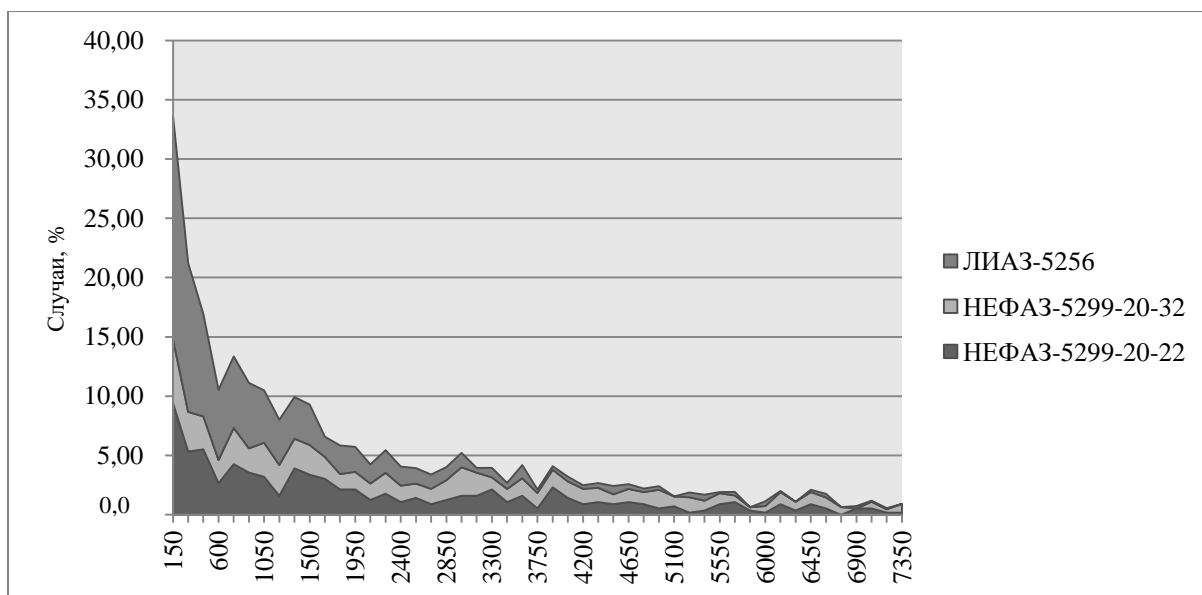


Рисунок 2.6 – Распределение отказов ПС АПТ в зависимости от пробега  
[135, 146]

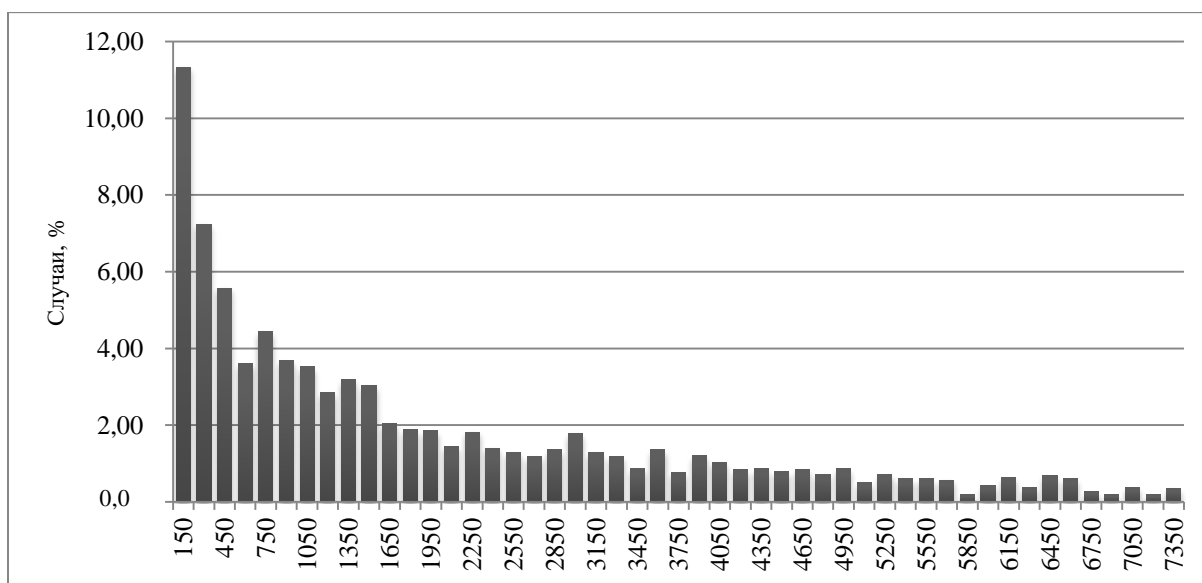


Рисунок 2.7 – Общее распределение отказов ПС АПТ в зависимости от пробега  
[135, 146]

На рисунках 2.6 и 2.7 представлена основная часть распределения. Наиболее вероятно появление отказа при пробеге до 150 км – 11,33 %, с вероятностью 95 % максимальный пробег до отказа составит 15 тыс. км. Отметим, что для автобусов



марки ЛИАЗ эти показатели составят 18,88 %, или 4,95 тыс. км, что свидетельствует о низкой приспособленности подвижного состава данной марки для эксплуатации в условиях плотных транспортных потоков крупнейших городов.

Подбор вида известных вероятностных распределений не дал значимых результатов (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Результаты подбора вероятностного распределения отказов ПС АПТ [135, 146]

Распределение	<i>p</i> -значение			
	НЕФА3-5299-20-22	НЕФА3-5299-20-32	ЛИАЗ-5256	Общее распределение
Экспоненциальное	0,013	–	<b>0,117*</b>	0,00018
Логнормальное	–	0,038	–	–

\*Жирным шрифтом выделены случаи удовлетворительной сходимости.

Поскольку применение вероятностных распределений невозможно, следовательно, установить аналитическое решение на основе методов теории надежности затруднительно. Однако допустимо использовать методы имитационного моделирования для получения численных решений. Кроме того, имитационное моделирование допускает использование не только числовых, но и логических зависимостей, дает возможность постоянно обновлять входящие распределения.

По результатам анализа установлено, что автотранспортное средство данного АПТ в среднем проходит 18 км в сутки. Эмпирическое распределение пробега представлено на рисунке 2.8

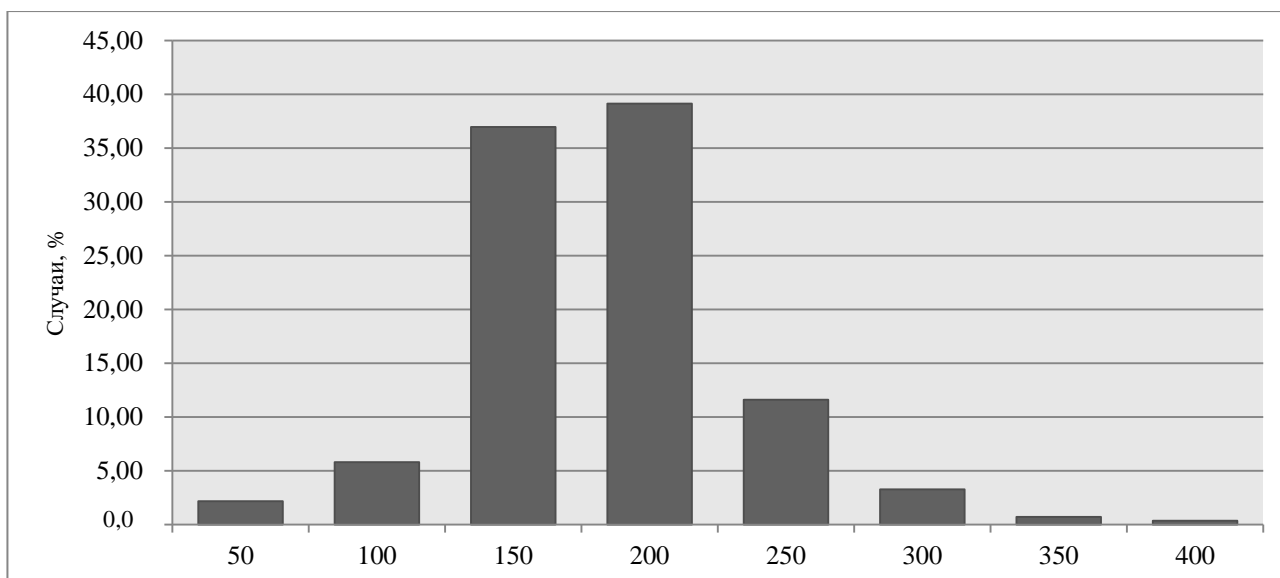


Рисунок 2.8 – Распределение суточного пробега одного транспортного средства [135, 146]

Исходя из данных рисунка 2.8 преимущественно в 76,09 % случаев пробег единицы подвижного состава составляет от 100 до 200 км в сутки, а максимальный пробег за сутки с вероятностью 95 % составляет 300 км, т.е. транспортные средства автотранспортного предприятия используются достаточно интенсивно.

Предлагается использовать количество сорванных рейсов для оценки тяжести произошедшего отказа (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Оценка тяжести последствий отказов по подсистемам

[135, 146]

Система (агрегат)	НЕФАЗ-5299-20-21	НЕФАЗ-5299-20-32	ЛИАЗ-5256	Общая тяжесть	Ранг
Агрегаты пневмосистемы	1,34	3,16	2,35	2,47	12
Аккумулятор	3,30	3,77	1,14	2,67	8
Блок управления	1,99	2,00	1,01	0,50	35
Ведущий мост	1,46	2,71	1,86	2,04	19
Вентилятор системы охлаждения	2,20	2,25	1,02	2,82	5
Взрыв колеса	1,94	2,62	1,35	1,58	25
Генератор	2,34	3,21	1,37	1,69	24
Дверные механизмы	2,38	2,39	1,01	1,85	23
ДВС	2,38	2,90	1,22	3,15	2
Детали кузова	2,95	2,11	0,71	1,56	26
Детали салона	1,00	3,10	3,10	0,79	33

Система (агрегат)	НЕФАЗ-5299-20-21	НЕФАЗ-5299-20-32	ЛИАЗ-5256	Общая тяжесть	Ранг
Компрессор	2,80	3,00	1,07	2,20	17
Контрольные приборы	2,00	2,50	1,25	2,03	20
КПП, ГМП	3,33	2,78	0,83	2,73	7
Отопление автобуса	6,00	2,00	0,33	1,39	28
Пневмопроводы	2,00	2,00	1,00	2,75	6
Пневморессоры	2,06	2,61	1,26	0,87	32
Приводные ремни	1,83	2,07	1,13	3,17	1
Прокол колеса	2,04	2,62	1,28	1,87	21
Радиатор системы охлаждения	2,22	–	–	2,22	36
Рулевое управление	1,80	1,00	0,56	2,25	16
Световые приборы	1,75	3,00	1,71	2,26	15
Система выпуска отработанных газов	2,90	1,75	0,60	1,86	22
Система охлаждения	3,00	3,36	1,12	3,01	4
Система питания	3,00	1,75	0,58	2,16	18
GPS	3,80	2,92	0,77	1,01	29
ТГУ	1,00	2,00	2,00	0,77	34
Течь охлаждающей жидкости	2,71	2,58	0,95	2,37	14
Течь топлива	2,00	3,38	1,69	2,48	10
Тормозные механизмы	1,86	2,00	1,08	3,15	3
Ходовая часть	3,86	3,45	0,90	0,94	31
Электроагрегаты	2,43	3,60	1,48	2,48	11
Электропроводка	–	3,11	–	2,55	9
Боковой порез колеса	–	0,75	–	1,39	27
МЭУ	–	2,00	–	1,00	30
Радиатор	–	2,70	–	2,47	13

Анализ результатов получения выручки при работе на маршрутах представлен в таблице 2.3. Детализация данных по количеству проданных билетов, проездных и Е-карт не предусмотрена.

Таблица 2.3 – Выручка по маршрутам [135, 146]

Время на маршруте, ч, кол-во	Выполненные рейсы, кол-во	Пассажиры на маршруте, кол-во	Маршрут, км	Доход в час, руб.	Доход в рейс, руб.	Доход на км, руб.	Доход, всего, тыс. руб
78 629	84 477	4 728 427	1 080 407	939,7	874,6	68,4	73 885
65 350	71 174	3 647 591	943 458	920,5	845,1	63,8	60 152
59 861	66 278	3 122 922	971 233	887,5	801,6	54,7	53 128
63 585	61 996	3 234 716	867 518	824,2	845,3	60,4	52 404
63 156	63 042	2 892 581	936 658	781,6	783,1	52,7	49 365

Время на маршруте, ч, кол-во	Выполненные рейсы, кол-во	Пассажиры на маршруте, кол-во	Маршрут, км	Доход в час, руб.	Доход в рейс, руб.	Доход на км, руб.	Доход, всего, тыс. руб
56 642	48 799	2 803 623	838 618	822,9	955,2	55,6	46 613
60 553	55 918	2 637 870	944 480	704,5	762,9	45,2	42 660
59 163	48 552	2 048 018	1 312 509	646,5	787,7	29,1	38 246
52 734	49 479	2 079 854	733 349	648,6	691,3	46,6	34 203
44 910	48 224	1 838 914	1 121 680	731,1	680,9	29,3	32 834
50 162	47 366	1 794 247	1 029 587	622,1	658,8	30,3	31 205
40 796	40 580	1 590 061	757 584	692,1	695,8	37,3	28 236
43 618	37 024	1 547 005	645 698	590,2	695,3	39,9	25 742
42 035	31 071	1 490 630	662 416	576,6	780	36,6	24 236
25 459	38 016	1 257 063	587 938	772,5	517,3	33,4	19 666
32 154	28 248	1 126 714	481 317	581,6	662,1	38,9	18 702
26 960	36 840	1 025 224	443 748	666,4	487,7	40,5	17 967
21 023	28 486	995 815	531 515	837,7	618,2	33,1	17 611
27 117	45 588	955 038	426 760	620,2	368,9	39,4	16 817
25 993	29 867	938 078	714 560	636,4	553,9	23,2	16 543
30 431	30 495	903 360	437 511	465,1	464,1	32,3	14 153
13 076	22 323	537 121	261 882	638,5	374	31,9	8 349
9 890	11 257	529 874	266 170	767,7	674,5	28,5	7 592
12 882	19 851	497 035	304 192	586,4	380,6	24,8	7 554
8 945	13 144	452 446	233 789	702,9	478,3	26,9	6 288
11 962	20 047	375 060	245 878	474,5	283,1	23,1	5 676
4 168	4 939	137 842	99 879	882,7	744,9	36,8	3 679
3 563	4 289	200 838	102 148	715,6	594,5	25	2 550
4 794	8 105	144 588	71 354	476,9	282,1	32	2 287
2 337	2 542	86 175	57 709	611,7	562,3	24,8	1 430
1 519	1 432	57 387	-	655,2	695,1	-	995
2 673	5 095	46 107	48 379	244,1	128	13,5	652
785	680	10 274	13 350	535,3	618,2	31,5	420
371	240	5 464	1 687	990,6	1530,9	217,8	367
327	496	14 389	541	612,3	403,7	369,8	200
86	116	4 918	1 480	812,1	601,4	47,1	70
64	113	3 178	1 070	696,8	394,7	41,7	45
68	84	2 304	993	518,4	417,2	35,3	35
58	182	1 685	804	432,4	138,5	31,4	25
19	30	-	581	0	0	0	-

Некоторые данные отсутствуют вследствие сбоев в информационной системе предприятия.

Расчет средневзвешенных показателей: доход на рейс – 731,95 руб., доход на км – 41,89 руб. [135–147].

Для прогнозирования количества отказов и сорванных рейсов с использованием полученных распределений методом имитационного моделирования [8, 9, 54, 141, 142, 147, 146] рекомендуется алгоритм, представленный на рисунке 2.9.



Рисунок 2.9 – Алгоритм прогнозирования количества отказов и сорванных рейсов [135, 146]

Для реализации алгоритма используется пакет имитационного моделирования Anylogic, который позволяет для полученных эмпирических распределений разрабатывать пользовательские функции и сформировать агентов-транспортные

средства. Агент может находиться в двух состояниях: пробег или ремонт. Стейчарт (диаграмма состояний) реализующий эти состояния и возможность перехода между ними представлен на рисунке 2.10. Необходимо заметить, что отличие от, например, марковских процессов, переход описывается не только вероятностной моделью, но может осуществляться по таймеру и по выполнению/невыполнению условия.

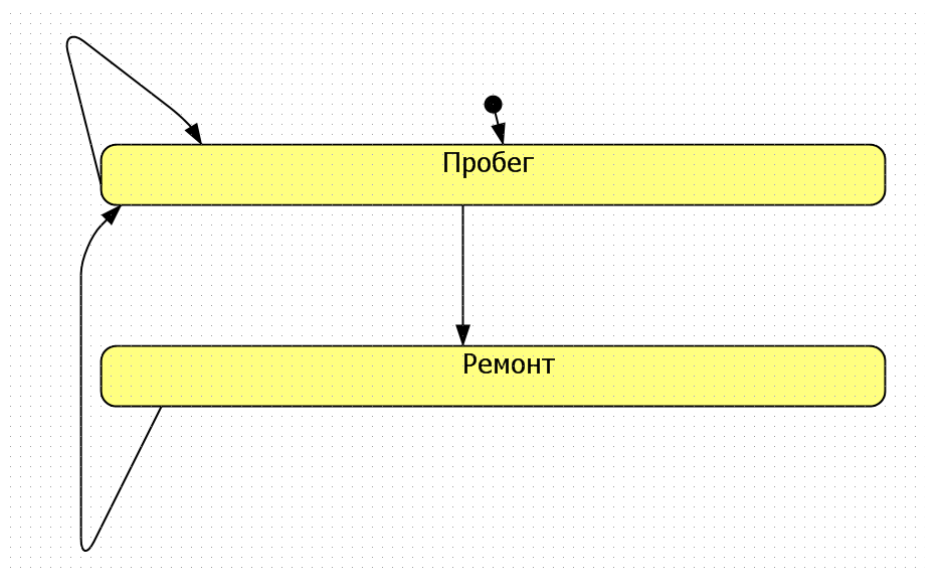


Рисунок 2.10 – Стейчарт моделирования агента в Anylogic [146]

На рисунке 2.10 отдельной стрелкой с кружочком выделено начальное состояние, которое необходимо программе для запуска алгоритма. Пробег транспортных средств за сутки моделируется в «пробеге», там же оценивается выполнение условия проведения ТО (рисунок 2.9). Если условие выполнения ТО не выполняется, на следующем шаге моделирования алгоритм остается в состоянии «пробег», поэтому соответствующая стрелка замыкает состояние «пробег» само на себя, в противном случае происходит переход в состояние «ремонт» и расчет показателей, связанных с ремонтом подвижного состава; после чего алгоритм перезапускается. Использование системы имитационного моделирования позволяет использовать не только численные переменные, но и логические, производить расчет экономических показателей, прогнозировать потребности в проведении ТО и Р, запасных частях [146]

## 2.2. Разработка критерия эффективности функционирования ПС АПТ

Критерий эффективности функционирования ПС АПТ основан на разнице плановых и фактических показателей и предполагает максимизацию производительности подвижного состава в рамках заданного плана. Сам план выстраивается из баланса показателей производительности, тарифа на перевозку и себестоимости перевозок. Однако использование коэффициента регулярности перевозок как интегрального показателя качества не учитывает влияние множества других показателей, актуализируемых ГОСТ Р 51006–96. «Услуги транспортные. Термины и определения» и ГОСТ Р 51004–96 «Услуги транспортные [138]. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества». Так, показатели качества разбиваются на группы, характеризующиеся следующими потребительскими свойствами пассажирских перевозок: безопасность, комфортность, скорость, своевременность, сохранность багажа, информационное обслуживание.

Социальный стандарт транспортного обслуживания населения устанавливает уровень качества транспортного обслуживания при перевозках пассажиров и багажа автомобильным транспортом [134]. Рекомендуются следующие группы показателей: доступность, выраженная в возможности получения населением услуг по перевозке пассажиров и багажа автомобильным транспортом по маршрутам регулярных перевозок, надежность, которая выражается в стабильности получения услуг по перевозке пассажиров и багажа по маршрутам регулярных перевозок при предсказуемом уровне качества, комфортность, которая выражается в уровне удобства пользования услугами по перевозке пассажиров и багажа по маршрутам регулярных перевозок; комфортность так же подразумевает отсутствие физиологического и психологического дискомфорта для пассажиров в процессе потребления услуги.

Стандарт повышает требования к ПС АПТ, регламентируя уровень новых показателей, не рассматриваемых ранее [134]: доступность транспортных средств для маломобильных групп населения, соблюдение расписания маршрутов регулярных

перевозок, оснащенность транспортных средств средствами информирования пассажиров, уровень шума в салоне транспортного средства, температура в салоне транспортного средства, соблюдение норм вместимости, количество пересадок, экологичность.

Это обуславливает ускоренное моральное устаревание ПС АПС и предполагает увеличение капитальных вложений сверх начисленной амортизации.

Кроме того, стандарт [106] устанавливает уровень ценовой доступности поездок по муниципальным маршрутам регулярных перевозок. Так, среднемесячные расходы пассажира на осуществление поездок автомобильным транспортом, не должны составлять более 7 % от величины среднего арифметического взвешенного подушевого дохода населения в субъекте РФ.

С другой стороны, определение экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа на 1 км ( $T_{i\text{э км}}$ ) включает в себя как себестоимость в расчете на 1 км пробега на маршруте, так и значение рентабельности, необходимые для обеспечения устойчивого развития предприятия и своевременного обновления морально устаревшего ПС АПТ [106]

$$T_{i\text{э км}} = S_{a i \text{ км}} \left( 1 + \frac{(R_{\text{инв акт}} + R_{\text{инв пас}} + R_{\text{пр}})}{100} \right), \quad (2.1)$$

где  $S_{a i \text{ км}}$  – величина себестоимости на один километр пробега, руб./км;  $R_{\text{инв акт}}$  – инвестиционная составляющая рентабельности перевозчика с учетом обновления активной части основных средств, %;  $R_{\text{инв пас}}$  – инвестиционная составляющая рентабельности перевозчика с учетом обновления пассивной части основных средств, %;  $R_{\text{пр}}$  – рентабельность услуг (перевозок), %.

Сопоставление стандарта [134] и методических указаний по определению экономически обоснованной стоимости перевозок [106] позволяет определить максимально возможную стоимость перевозки пассажира по муниципальным маршрутам:



$$\frac{СД_{взв} \cdot 7\%}{100} \geq \sum_{i=1}^n S_{ai} \cdot \left( 1 + \frac{(R_{инв\ акт} + R_{инв\ пас} + R_{пр})}{100} \right), \quad (2.2)$$

где  $СД_{взв}$  – средняя арифметическая взвешенная величина среднедушевого денежного дохода населения в субъекте РФ, где расположено муниципальное образование, руб.;  $n$  – количество единиц ПС АПТ в субъекте РФ, где расположено муниципальное образование.

Учитывая существующие тенденции к сокращению среднедушевого денежного дохода населения и увеличение материальных затрат на перевозку пассажиров, главной задачей предприятия АПТ становится поддержание требуемого экономически обоснованного уровня рентабельности при сохранении уровня транспортного обслуживания населения.

Первоначально интегральный критерий рентабельности был разработан для повышения эффективности грузовых перевозок [65, 151]. Данный критерий ранее не получил широкого распространения из-за сложности его определения, но при развитых информационных технологиях он легко реализуется методами имитационного и агентного моделирования [138, 144].

Частично вопрос обеспечения заданного уровня рентабельности перевозок пассажиров автомобильным транспортом затронут в [85], но там он разработан для междугородных перевозок, которые значительно отличаются от внутригородских технологически и экономически. Так, большими предприятиями пассажирского автомобильного транспорта допускается резервирование автобусов, процент которых учитывается при вычислении коэффициента выпуска на линию (1.35). Кроме того, междугородные перевозки характеризуются низким значением коэффициента сменяемости пассажиров ( $\eta_{см}$ ), что позволяет судить об объеме перевезенных пассажиров за рейс  $Q_p$  на основании произведения коэффициента использования вместимости  $\gamma$  и номинальной вместимости автобуса  $n_p$ :

$$Q_p = \gamma n_p. \quad (2.3)$$

В случае городских и пригородных перевозок уместнее использовать коэффициент сменяемости, который характеризует степень обновления пассажиров и показывает количество пассажиров, которое перевозится на одном условном месте за рейс [96]

$$\eta_{\text{см}} = \frac{Q_p}{q_n}. \quad (2.4)$$

Также в настоящее время дано определение уровня рентабельности перевозок, обеспечивающей экономически и финансово устойчивую деятельность перевозчиков автомобильного транспорта, включающую инвестиционную составляющую [106]

$$R = R_{\text{пр.мин}} + R_{\text{инв.тс}} + R_{\text{инв.пасс}}, \quad (2.5)$$

где  $R_{\text{пр.мин}}$  – минимальная рентабельность исходя из условия финансовой устойчивости предприятия, %;  $R_{\text{инв.тс}}$  – инвестиционная составляющая рентабельности перевозчика, с учетом обновления транспортных средств, %;  $R_{\text{инв.пасс}}$  – инвестиционная составляющая рентабельности перевозчика с учетом обновления пассивной части основных средств, %.

Экономически обоснованный уровень рентабельности определяется исходя из условия финансовой устойчивости предприятия:

$$K_{\text{И}} = \frac{B}{(A_{\text{НГ}} + A_{\text{КГ}}) \cdot 0,5} \geq 2,5; \quad (2.6)$$

$$K_{\text{П}} = \frac{\Pi}{(СК_{\text{НГ}} + СК_{\text{КГ}}) \cdot 0,5} \geq 0,2, \quad (2.7)$$

где  $K_{\text{И}}$  – интенсивность оборота авансируемого капитала, которая характеризует объем реализованных услуг, приходившийся на 1 рубль средств, вложенных в деятельность организации;  $B$  – выручка от реализации (объем реализованных услуг, руб.);  $A_{\text{НГ}}$  и  $A_{\text{КГ}}$  – сумма актива баланса на начало и конец года, руб.;  $K_{\text{П}}$  – объем

прибыли, приходящейся на 1 руб. собственного капитала; П – прибыль до налогообложения, руб.;  $СК_{нг}$  и  $СК_{кг}$  – собственный капитал на начало и конец года, руб.

Исходя из вышеперечисленных условий предполагается, что рентабельность оборота  $R_o$  должна составлять не менее 4,8 % [106].

Рентабельность перевозок  $R$  должна быть всегда больше рентабельности оборота, что определяется с учетом сальдо по прочим доходам/расходам, которое, по результатам исследований, составляет 4,4 % от расходов по обычным видам деятельности. После проведения преобразований получено, что  $R_{пр.мин} = 9,66$  %.

Инвестиционная составляющая в рентабельности на обновление активной части основных фондов, представленных транспортными средствами  $R_{инв.тс}$ , определяется из необходимости обновления 40 % самортизированных транспортных средств (таблица 2.4). Данное обновление необходимо провести за четыре года. Значит, коэффициент обновления  $K_{об}$  составит 10 %; в соответствии с методикой [106], инвестиционная составляющая рентабельности определяется на основании таблицы 2.4 и составит 7,91 %.

Инвестиционная составляющая в рентабельности на обновление пассивной части определяется из условия, что коэффициент износа транспортных средств организации  $K_{изн. акт}$  составляет 62 %, а коэффициент износа пассивной части основных средств  $K_{изн. пасс}$  равен 34 %. Тогда при использовании зависимости

$$R_{инв.пасс} = R_{инв.акт} \frac{K_{изн. пасс}}{K_{изн. акт}} \quad (2.8)$$

получим значение 4,33 %.

Таким образом, уровень рентабельности перевозок, обеспечивающей экономически и финансово устойчивую деятельность перевозчиков автомобильного транспорта, включающую инвестиционную составляющую, равен 22 %.

Механизм воздействия изменения межсервисных пробегов представлен на рисунке 2.11.

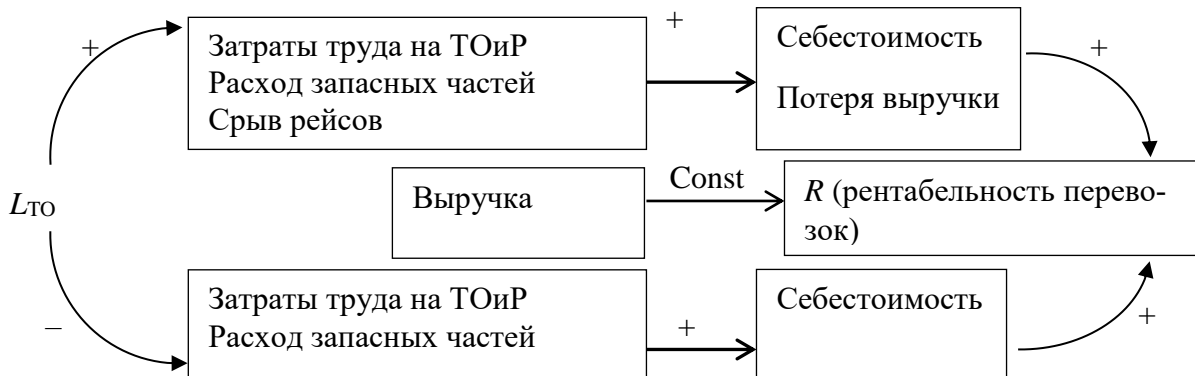


Рисунок 2.11 – Схема воздействия изменения длины межсервисных пробегов на рентабельность услуг предприятия

Таким образом, увеличение величины межсервисного пробега приводит к повышению затрат труда на ТОиР ПС, расходу запасных частей и срывов рейсов из-за отказов ПС на линии. А это увеличивает себестоимость, теряется выручка. Уменьшение межсервисных пробегов также приводит к увеличению затрат труда на ТОиР и расходу запасных частей, но эти затраты не аналогичны затратам при увеличении межсервисного пробега. Учитывая, что возможная выручка в данной ситуации является константой, поддержание требуемого уровня рентабельности будет достигаться балансировкой между приростом себестоимости и потерями выручки.

Таблица 2.4 – Инвестиционная составляющая в рентабельности  $R_{\text{инв. акт}} [106]$ 

Отношение амортизации, начисленной на транспортные средства, к суммарной первоначальной балансовой стоимости всех ТС	Необходимая рентабельность при величине коэффициента обновления ( $K_{об}$ )											
	$K_{об} 8 \%$	$K_{об} 10 \%$	$K_{об} 12 \%$	$K_{об} 15 \%$	$K_{об} 20 \%$	$K_{об} 25 \%$	$K_{об} 30 \%$	$K_{об} 36,5 \%$	$K_{об} 40 \%$	$K_{об} 45 \%$	$K_{об} 51 \%$	$K_{об} 73 \%$
5	2,58	3,23	3,87	4,84	6,45	8,07	9,68	11,78	12,91	14,52	16,46	23,56
10	3,12	3,90	4,67	5,84	7,79	9,74	11,69	14,22	15,59	17,54	19,87	28,45
15	3,65	4,57	5,48	6,85	9,13	11,42	13,70	16,67	18,27	20,55	23,29	33,34
20	4,19	5,23	6,28	7,86	10,47	13,09	15,71	19,11	20,95	23,57	26,71	38,23
25	4,72	5,90	7,08	8,86	11,81	14,77	17,72	21,56	23,63	26,58	30,12	43,12
30	5,26	6,57	7,89	9,87	13,15	16,44	19,73	24,01	26,31	29,60	33,54	48,01
35	5,80	7,24	8,69	10,87	14,49	18,12	21,74	26,45	28,99	32,61	36,96	52,90
40	6,33	7,91	9,49	11,88	15,83	19,79	23,75	28,90	31,67	35,63	40,37	57,79
45	6,87	8,58	10,30	12,88	17,17	21,47	25,76	31,34	34,35	38,64	43,79	62,68
50	7,40	9,25	11,10	13,89	18,51	23,14	27,77	33,79	37,03	41,66	47,21	67,58
55	7,94	9,92	11,90	14,89	19,85	24,82	29,78	36,23	39,71	44,67	50,63	72,47
60	8,48	10,59	12,71	15,90	21,19	26,49	31,78	38,68	42,39	47,69	54,04	77,36
65	9,01	11,26	13,51	16,91	22,54	28,16	33,79	41,12	45,07	50,70	57,46	82,25
70	9,55	11,93	14,31	17,91	23,88	29,84	35,80	43,57	47,75	53,72	60,88	87,14
75	10,08	12,60	15,12	18,92	25,22	31,51	37,81	46,01	50,43	56,73	64,29	92,03
80	10,62	13,27	15,92	19,92	26,56	33,19	39,82	48,46	53,11	59,74	67,71	96,92
85	11,16	13,94	16,72	20,93	27,90	34,86	41,83	50,90	55,79	62,76	71,13	101,81
90	11,69	14,61	17,52	21,93	29,24	36,54	43,84	53,35	58,47	65,77	74,55	106,71

Отношение амортизации, начисленной на транспортные средства, к суммарной первоначальной балансовой стоимости всех ТС	Необходимая рентабельность при величине коэффициента обновления ( $K_{об}$ )											
	$K_{об}$ 8 %	$K_{об}$ 10 %	$K_{об}$ 12 %	$K_{об}$ 15 %	$K_{об}$ 20 %	$K_{об}$ 25 %	$K_{об}$ 30 %	$K_{об}$ 36,5 %	$K_{об}$ 40 %	$K_{об}$ 45 %	$K_{об}$ 51 %	$K_{об}$ 73 %
95	12,23	15,28	18,33	22,94	30,58	38,21	45,85	55,79	61,15	68,79	77,96	111,60
100	12,76	15,95	19,13	23,95	31,92	39,89	47,86	58,24	63,83	71,80	81,38	116,49

Исходя из необходимости поддержания требуемого уровня рентабельности, предлагается условие эффективности функционирования подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта сформировать как [138]

$$R = \frac{B - C}{C} = \frac{D_k \alpha_B \Pi_B \eta_{cm} q_n n_p n_a}{C} - 1 = 22\%, \quad (2.9)$$

где  $B$  – выручка, руб.;  $C$  – себестоимость, руб.;  $D_k$  – количество календарных дней;  $\alpha_B$  – коэффициент выпуска на линию;  $\Pi_B$  – цена билета, руб.;  $\eta_{cm}$  – коэффициент сменяемости пассажиров;  $q_n$  – номинальная вместимость автобуса;  $n_p$  – количество рейсов;  $n_a$  – количество автобусов.

Выразив коэффициент выпуска на линию с использованием зависимости для определения коэффициента технической готовности, получим [138]

$$R = D_k \left( \frac{1 - \alpha_n}{1 + l_{cc} \frac{t_{пр}}{x_{пр}}} \right) \Pi_B \eta_{cm} q_n n_p n_a / C = 1,22, \quad (2.10)$$

где  $\alpha_n$  – коэффициент нерабочего времени;  $l_{cc}$  – среднесуточный пробег, км;  $\overline{t_{пр}}$  – среднее время простоя в техническом осмотре и ремонте, ч;  $\overline{x_{пр}}$  – средняя наработка на отказ, вызвавший простой, км.

Исходя из условия эффективности функционирования подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта (2.10), градации тяжести последствий отказов [142, 144], сформулируем значение средневзвешенной по подсистемам наработки на отказ [138]

$$\overline{n_{пр}} = \frac{1,22 C l_{cc} \overline{t_{пр}}}{D_k \Pi_B \eta_{cm} q_n n_p n_a (1 - \alpha_n) - 1,22 C} \rightarrow \max. \quad (2.11)$$

Реализация данного критерия методами имитационного моделирования [10, 73, 124] позволяет установить пределы допустимого изменения наработки на отказ и, следовательно, эффективно планировать деятельность служб технического обслуживания и ремонта, закупки запасных частей [138]. При определении периодичности технического осмотра и ремонта в зависимости от пробега подвижного состава сформируем часть алгоритма имитационного моделирования, осуществляющий в программном пакете Anylogic [79] поиск оптимальной периодичности путем перебора вариантов [138] (рисунок 2.12).

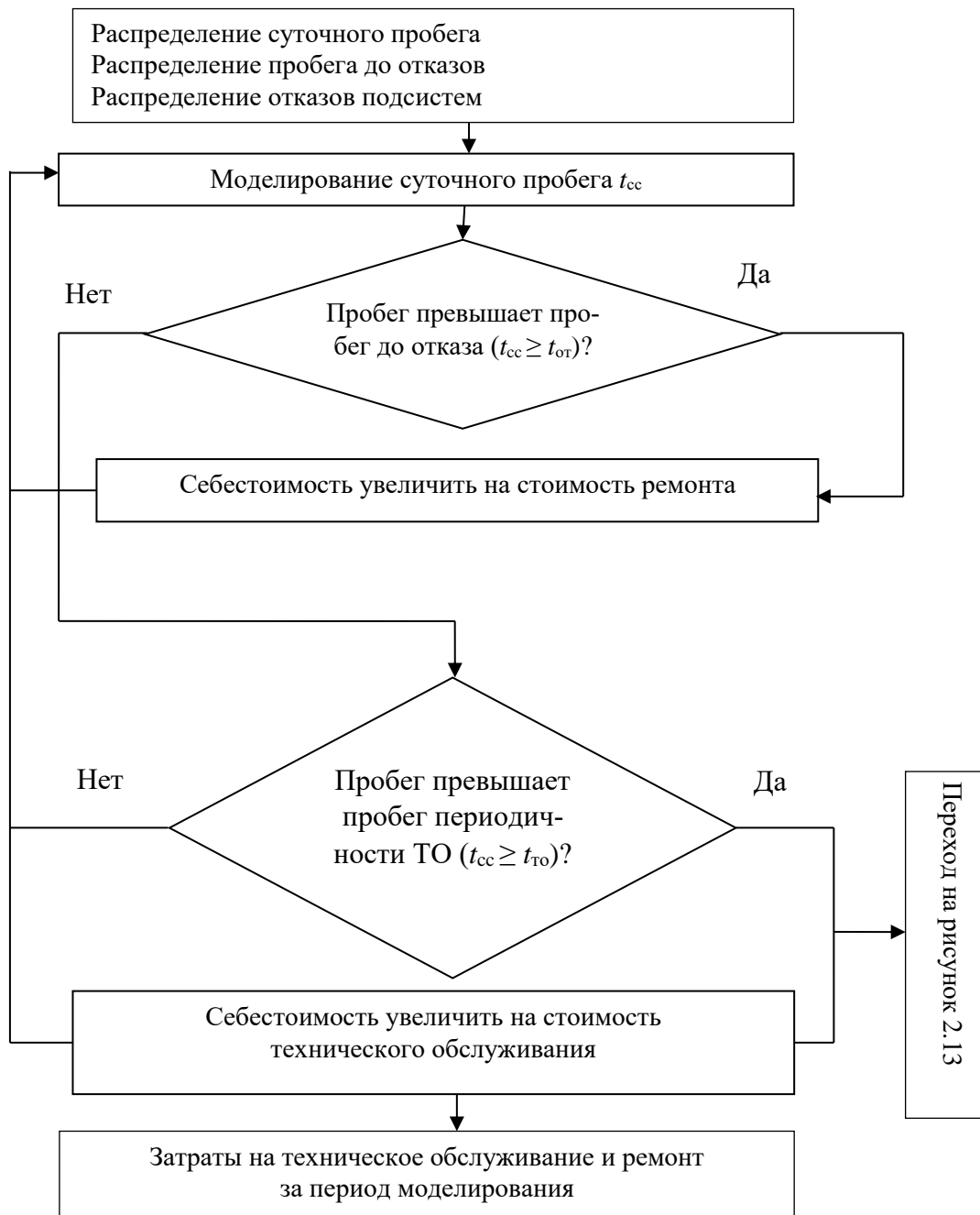


Рисунок 2.12 – Алгоритм подбора периодичности ТО [138]



Предполагается, что при организации ТО подвижного состава тестируются подсистемы, выявляются наработки больше критических, и эти подсистемы и агрегаты заменяются. В случае же отказа проводится текущий ремонт [81, 82]. В дальнейшем работа идет по алгоритму, представленному в разделе 2.1.

Подбор в условиях обеспечения требуемого уровня рентабельности при заданном уровне дохода может не дать результата, что говорит о неэффективности выбранного парка подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта. В этом случае необходимо изменить структуру автопарка [12, 50, 138].

### 2.3. Определение периодичности и состава ТО и ТР

При проведении оптимизационного эксперимента средствами программного пакета Anylogic необходимо распределить подсистемы и возможные причины отказов по работам при ТО-1 и ТО-2. С учетом требований нормативных документов [25, 113, 115, 119] в нашем случае распределение представлено в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Распределение работ ТО-1 и ТО-2 между подсистемами пассажирского автомобильного транспорта [119]

Система (агрегат)	ТО-1	ТО-2
Агрегаты пневмосистемы		+
Аккумулятор	+	
Блок управления		+
Ведущий мост		+
Вентилятор системы охлаждения	+	
Взрыв колеса	+	
Генератор		+
Дверные механизмы	+	
ДВС		+
Детали кузова		+
Детали салона		+
Компрессор		+
Контрольные приборы	+	
КПП, ГМП	+	

Система (агрегат)	ТО-1	ТО-2
Отопление автобуса	+	
Пневмопроводы	+	
Пневморессоры	+	
Приводные ремни	+	
Прокол колеса	+	
Радиатор системы охлаждения		+
Рулевое управление		+
Световые приборы	+	
Система выпуска отработанных газов	+	
Система охлаждения		+
Система питания		+
GPS		+
ТГУ		+
Течь охлаждающей жидкости	+	
Течь топлива	+	
Тормозные механизмы	+	
Ходовая часть		+
Электроагрегаты		+
Электропроводка	+	
Боковой порез колеса	+	
МЭУ	+	
Радиатор		+

Учитывая высокую квалификацию технических служб предприятий пассажирского автомобильного транспорта, предполагается, что проведение регламентных работ сокращает вероятность наступления отказа по данной подсистеме до 20 % [34, 36, 101]. Таким образом, алгоритм функционирования агента дополняется блоком, представленным на рисунке 2.13.



Рисунок 2.13 – Дополнение к алгоритму моделирования агента подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта

Таким образом, предложенный подход позволяет учитывать влияние проводимых регламентных сервисных работ при проведении моделирования работы агента ПС АПТ.

## Выводы к главе 2

1. В условиях плотных транспортных потоков крупнейших городов наиболее вероятными отказами ПС АПТ являются отказы в двигателе внутреннего сгорания (13,73 %), течь охлаждающей жидкости (10,36 %) и прокол колеса (8,78 %).

2. Главной причиной сорванных рейсов является отказы двигателя внутреннего сгорания (14,46 %), течь охлаждающей жидкости (9,85 %), система охлаждения в целом (9,14 %).

3. В качестве показателя тяжести отказа предлагается количество сорванных рейсов, которое позволяет определить потери выручки и, следовательно, на эффективность работы подвижного состава.

4. Для большинства автотранспортных предприятий основной задачей является задача устойчивого развития, что позволяет определить критерий эффективности как обеспечение максимальной наработки на отказ исходя из условия обеспечения уровня рентабельности, гарантирующего экономически и финансово устойчивую деятельность перевозчика.

### 3. МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИМИТАЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Имитационное моделирование производится с использованием внутренних средств пакета Anylogic, в частности, пакета оптимизации OptQuest [20, 21, 49, 79, 155]. Для реализации оптимизации функционала, представленного формулой (2.11), предлагается в каждом из агентов модели, представляющих собой единицу ПС АПТ выбранной марки, установить ряд переменных, осуществляющих сбор данных по функционированию агента (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Переменные по учету результатов работы агента

Наименование	Обозначение	Краткое описание
Суточный пробег, км	km_s	Разыгрывается методом Монте-Карло на основе данных, полученных в разделе 2
Дни, кол-во	n	Количество календарных дней работы модели
Общий пробег, км	lob	Общий пробег для данного агента, обновляется на основе суточного пробега
Количество ТО-1, ТО-2, ремонтов	nto1, nto2, nrem	Учет ведется с начала моделирования
Наличие ТО-1, ТО-2, ремонта в данном цикле	to1, to2, rem	Булева переменная, принимающая истинное значение при выполнении в данном цикле условий проведения технического обслуживания либо ремонта
Пробеги между ТО-1, ТО-2 и ремонтами, км	lto1, lto2, lrem	На основе суточных пробегов накапливают данные о пробеге от предыдущего ТО и ремонта до следующего
Выручка, руб.	dohod	Рассчитывается на основе данных о выручке подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта на маршруте, вычисленной на километр умноженной на суточный пробег
Потери доходов, руб.	potery	Определяются исходя из количества пропущенных рейсов, характерных для данного вида отказа, умноженного на доход за рейс
Затраты на заработную плату водителей и кондукторов и отчисления на социальные нужды	C_v	Определяются за сутки
Затраты на техническое обслуживание	Cto	Определяются по факту проведения работ по техническому обслуживанию, включают в себя оплату труда ремонтных рабочих и отчисления на социальные нужды

Наименование	Обозначение	Краткое описание
Затраты на ремонт	Crem	Определяются по факту отказа. Включают в себя трудоемкость ремонта и стоимость запасных частей
Затраты на шины	Cshi	Определяются в зависимости от пробега
Затраты на амортизацию подвижного состава	Ca	Амортизация подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта рассчитывается посуточно
Общехозяйственные расходы	Coh	Определяется из фонда оплаты труда водителей и кондукторов
Рентабельность перевозок	ren	Рассчитывается в ходе моделирования
Наработка на отказ	par	Рассчитывается в ходе моделирования

Переменные рассчитываются для каждого агента в соответствии с показателями для данной марки подвижного состава. В дальнейшем они группируются по маркам подвижного состава и объединяются для всего парка транспортных средств.

Таким образом, задача моделирования состоит в нахождении всех возможных значений периодичности технического обслуживания при выполнении условия 22 % рентабельности [38, 110, 112, 118].

Моделирование при каждом изменении значений периодичностей проведения технического обслуживания осуществляется в течение 300 дней. Результаты моделирования выгружаются в MS Excel с последующими обработкой и анализом [11, 13, 15, 19, 26, 59].

### 3.1. Определение нормативных затрат на перевозку пассажиров и расчет рентабельности

Средняя зарплата водителя автобуса по Свердловскому региону в 2014–2015 гг., согласно анализу интернет-предложений, составляет 30 тыс. руб./мес, а кондуктора – 15 тыс. руб.

$$C_{-v} = (C_{\text{вод}} N_{\text{вод}} + C_{\text{кон}} N_{\text{кон}}) \cdot 12 \cdot 1,3, \quad (3.1)$$

где  $C_{\nu}$  – затраты на оплату труда водителей и кондукторов с учетом отчислений на социальные нужды, руб.;  $C_{\text{вод}}$  и  $C_{\text{кон}}$  – среднемесячная заработная плата труда водителя и кондуктора, руб./мес; 12 – кол-во месяцев в году; 1,3 – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды в размере 30 % от заработной платы.

Затраты на топливо рассчитываются исходя из марки транспортного средства [60, 70]. Расчет ведется в соответствии с методическими рекомендациями «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» [85, 105].

Поправочные коэффициенты расхода топлива для летнего и зимнего периода:

$$D_{\text{зим}} = 15 \%, D_{\text{лет}} = 5 \%;$$

а) расход топлива в зимний период:

$$R_{\text{зим}} = 0,01 \cdot H_s S_{\text{зим}} (1 + 0,01 \cdot D_{\text{зим}}); \quad (3.2)$$

б) расход топлива в летний период:

$$R_{\text{лет}} = 0,01 \cdot H_s S_{\text{зим}} (1 + 0,01 \cdot D_{\text{зим}}); \quad (3.3)$$

в) расход топлива за год:

$$R_{\text{г}} = R_{\text{зим}} + R_{\text{лет}}; \quad (3.4)$$

д) общие затраты на топливо, руб.·год:

$$C_{\text{г}} = R_{\text{г}} C_{\text{г}}, \quad (3.5)$$

где  $C_{\text{г}}$  – средняя цена одного литра топлива по региону.

В соответствии с «Методическими рекомендациями» [105] рассчитывается необходимый расход моторных, трансмиссионных и гидравлических, специальных масел и жидкостей, пластичных смазок.

Затраты на смазочные материалы, руб.:

$$C_{\text{см}} = \frac{R_{\text{т}} (C_{\text{мм}} R_{\text{мм}} + C_{\text{тм}} R_{\text{тм}} + C_{\text{см}} R_{\text{см}} + C_{\text{пс}} R_{\text{пс}})}{100}, \quad (3.6)$$

где  $C_{\text{см}}$  – затраты на смазочные материалы;  $R_{\text{т}}$  – расход топлива на маршруте за год;  $C_{\text{мм}}$ ,  $C_{\text{тм}}$ ,  $C_{\text{см}}$  – стоимость одного литра моторных масел, трансмиссионных и гидравлических масел, специальных масел, руб.;  $C_{\text{пс}}$  – стоимость пластичной смазки за кг, руб.;  $R_{\text{мм}}$ ,  $R_{\text{тм}}$ ,  $R_{\text{см}}$  – нормы расхода моторных масел, трансмиссионных и гидравлических масел, специальных масел, л/100 л;  $R_{\text{пс}}$  – норма расхода пластической смазки кг/100 топлива.

Затраты на техническое обслуживание и ремонт подвижного состава рассчитываются на основе трудоемкостей технического обслуживания и ремонта.

Трудоемкость технического обслуживания и ремонта, включающая ежедневный осмотр (ЕО), первое и второе техническое обслуживание (ТО-1, ТО-2), определяется на основании действующего «Положения о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава» [85, 113]. Расчет проводится в следующем порядке.

#### *Определение количества ЕО, ТО-1, ТО-2*

Нормативная периодичность  $L_{\text{ТО-1н}} = 5\,000$  км;  $L_{\text{ТО-2н}} = 20\,000$  км, но в эксперименте эти показатели выступают в качестве изменяемых параметров. Значение нормативной периодичности технического обслуживания корректируется соответствующими коэффициентами [42, 57, 77, 78, 79, 85, 113]. Следовательно, для восстановления нормативных значений необходимо удовлетворяющие функционалу значения скорректированных периодичностей разделить на соответствующие условиям эксплуатации коэффициенты корректирования [41]:

$$L_{\text{ТО-1н}} = \frac{L_{\text{ТО-1}}^*}{K_1 K_3}; \quad (3.7)$$

$$L_{\text{ТО-2н}} = \frac{L_{\text{ТО-2}}^*}{K_1 K_3}, \quad (3.8)$$



где  $L_{\text{ТО-1}}^*$  – полученное при эксперименте допустимое значение пробега до ТО-1;  $L_{\text{ТО-2}}^*$  – полученное при эксперименте допустимое значение пробега до ТО-2;  $K_1$  – коэффициент корректирования нормативов в зависимости от условий эксплуатации (для первой категории эксплуатации  $K_1 = 1$ );  $K_3$  – коэффициент корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий (для условий Свердловской области – умеренно-холодный климат  $K_3 = 0,9$ ).

Количество ЕО соответствует количеству суток моделирования.

### *Затраты человеко-часов на проведение ЕО, ТО-1 и ТО-2*

Результирующий коэффициент корректирования нормативов определяется как произведение отдельных коэффициентов для следующих показателей:

периодичность ТО  $K_1 \cdot K_3$ ;

ресурс пробега до КР  $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ ;

трудоемкость ТО  $K_2 \cdot K_4$ ;

трудоемкость ТР  $K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5$ .

Скорректированные значения трудоемкостей сведены в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Нормы трудозатрат на автобус большого класса вместимости

Вид воздействия	Норма затрат чел.-ч	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	Скорректированная трудоемкость
ЕО	0,25	1		0,9			0,225
ТО-1	9	1		0,9	1,55	1	12,55
ТО-2	36	1		0,9	1,55	1	50,22
ТР	7	1	1	0,9	1,55	1	9,77 чел. /1000 км

Потребное количество ремонтных рабочих, руб.:

$$N_{\text{pp}} = \frac{\Phi_{\text{pp}}}{\Phi_{\text{рв}}}, \quad (3.9)$$

где  $\Phi_{\text{pp}}$  – годовой объем работ по ТО и Р.

Средний размер оплаты труда ремонтных рабочих в регионе составляет 30 тыс. руб./мес.

Затраты на оплату труда ремонтных рабочих составят, руб.:

$$N_{pp} = \frac{Ч_{pp}}{\Phi_{pv}}, \quad (3.10)$$

где  $C_{pp}$  – среднемесячная зарплата ремонтных рабочих, руб.; 12 – кол-во месяцев в году.

Отчисления на социальные нужды ремонтных рабочих, руб.:

$$C_{co.pp} = C_{фот.рр} \cdot 0,3. \quad (3.11)$$

Затраты на запасные части, руб., определяются согласно «Методическим рекомендациям по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования» [106]:

$$C_{зч} = L_{общ} N_i, \quad (3.12)$$

где  $N_i$  – норматив затрат на запасные части (3,1 руб./км).

Общие затраты на обслуживание и ремонт, руб.:

$$C_{ТОиР} = C_{фот.рр} + C_{co.pp} + C_{зч}. \quad (3.13)$$

Определение затрат на износ и замену шин проведем в следующей последовательности:

а) норма эксплуатационного пробега шины.

$N_i$  рассчитывается в соответствии с «Временными нормами эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств» [121].

$$H_i = H \cdot K_1 \cdot K_2; \quad (3.14)$$

$$H_i = 100 \cdot 1 \cdot 0,9 = 90 \text{ тыс. км},$$

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;

б) расходы на износ и ремонт шин, руб.:

$$C_{\text{ш}} = \frac{\Pi_{\text{ш}} \cdot L_{\text{об}} \cdot C_{\text{к}} \cdot H_{1000}}{100 \cdot 1\,000}, \quad (3.15)$$

где  $C_{\text{к}}$  – стоимость комплекта шин, руб.;  $H_{1000}$  – норма затрат на восстановление износа и ремонт на 1000 км пробега, %;  $H_{1000} = \frac{90}{90} = 1\%$ .

Амортизация подвижного состава, руб.:

$$C_a = \sum_{i=1}^n C_{\text{пбш}} H_{ai}, \quad (3.16)$$

где  $H_{ai}$  – норма амортизации транспортных средств данной модели, %;  $C_{\text{пбш}}$  – величина первоначальной балансовой или восстановительной стоимости транспортного средства данной ( $i$ -й) модели, руб.;  $n$  – количество транспортных средств ( $i$ -й) модели, работающих на маршруте.

Величину  $H_{ai}$  рассчитывают по формуле:

$$H_{ai} = \frac{100}{T_{\text{пш}i}}, \quad (3.17)$$

$$H_{ai} = \frac{100}{10} = 10\%,$$

где  $T_{\text{пш}i}$  – срок полезного использования транспортных средств данной модели, лет.

Для автобусов большого класса вместимости:  $T_{\text{пш}i} = 10$  лет.

На основании исследований, проведенных авторами издания [158], доля хозяйственных расходов в себестоимости автотранспортных пассажирских перевозок в среднем составляет 107 % от фонда оплаты труда водителя и кондукторов.

Общая себестоимость перевозок на маршруте, руб.

$$C = C_{\text{фот.в}} + C_{\text{со.в}} + C_{\text{т}} + C_{\text{см}} + C_{\text{ТОиР}} + C_{\text{ш}} + C_{\text{а}} + C_{\text{общ}}. \quad (3.18)$$

Рентабельность:

$$R = \frac{B-C}{C} = \frac{B}{C} - 1 = \frac{(B - \Pi_{\text{от}})}{C} - 1 = \frac{\left( L_{\text{общ}} \cdot V_{\text{км}} - \sum_{i=1}^n n_{\text{от}} \cdot r_{\text{от}} \cdot V_{\text{р}} \right)}{C} - 1, \quad (3.19)$$

где  $R$  – рентабельность продукции транспорта, %;  $B$  – выручка за период, руб.;  $C$  – себестоимость перевозок за период, руб.;  $L_{\text{общ}}$  – общий пробег единицы подвижного состава, км;  $V_{\text{км}}$  – средний доход единицы подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта на километр, руб.  $n_{\text{от}}$  – количество отказов за период;  $r_{\text{от}}$  – тяжесть отказа, выраженная в количестве пропущенных рейсов;  $V_{\text{р}}$  – средний доход на один рейс, руб.

Формула (3.19) адаптирована для моделирования и содержит выражение, учитывающее потерю выручки вследствие произошедшего отказа.

### Выводы к главе 3

1. Агентное моделирование позволяет определить множество возможных вариантов размеров межсервисных пробегов при максимизации наработки на отказ с условием поддержания требуемого уровня рентабельности.
2. Существующая модель позволяет учитывать потерю выручки вследствие произошедшего отказа.

#### 4. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

##### 4.1. Оценка влияния величины пробегов до ТО-1 и ТО-2 на количество отказов

По результатам моделирования построены таблицы 4.1, 4.2, отображающие суммарный общий пробег ПС АПТ по АТП в зависимости от величины тех или иных значений пробегов до ТО-1 и ТО-2, и количество отказов, произошедших по ходу их реализации [28, 35, 52, 53]. Результаты моделирования по каждой марке в отдельности, представлены в приложениях А, Б и В.

Таблица 4.1 – Общий пробег ПС АПТ в целом по АТП

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	14 871 525	15 054 150	15 060 000	14 951 775	14 878 200
25 000	14 913 548	15 001 673	15 003 915	14 982 990	15 049 950
35 000	14 715 188	14 897 813	14 879 625	14 977 500	15 200 250
45 000	14 941 285	14 962 200	15 131 375	15 124 575	15 139 225

Таблица 4.2 – Суммарное количество отказов ПС АПТ

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	8 032	8 317	10 047	9 080	9 764
25 000	8 927	9 209	9 675	11 137	10 519
35 000	10 208	10 436	10 736	12 731	11 165
45 000	11 166	11 189	11 332	12 165	11 953

Результаты моделирования в графической интерпретации представлены на рисунке 4.1.

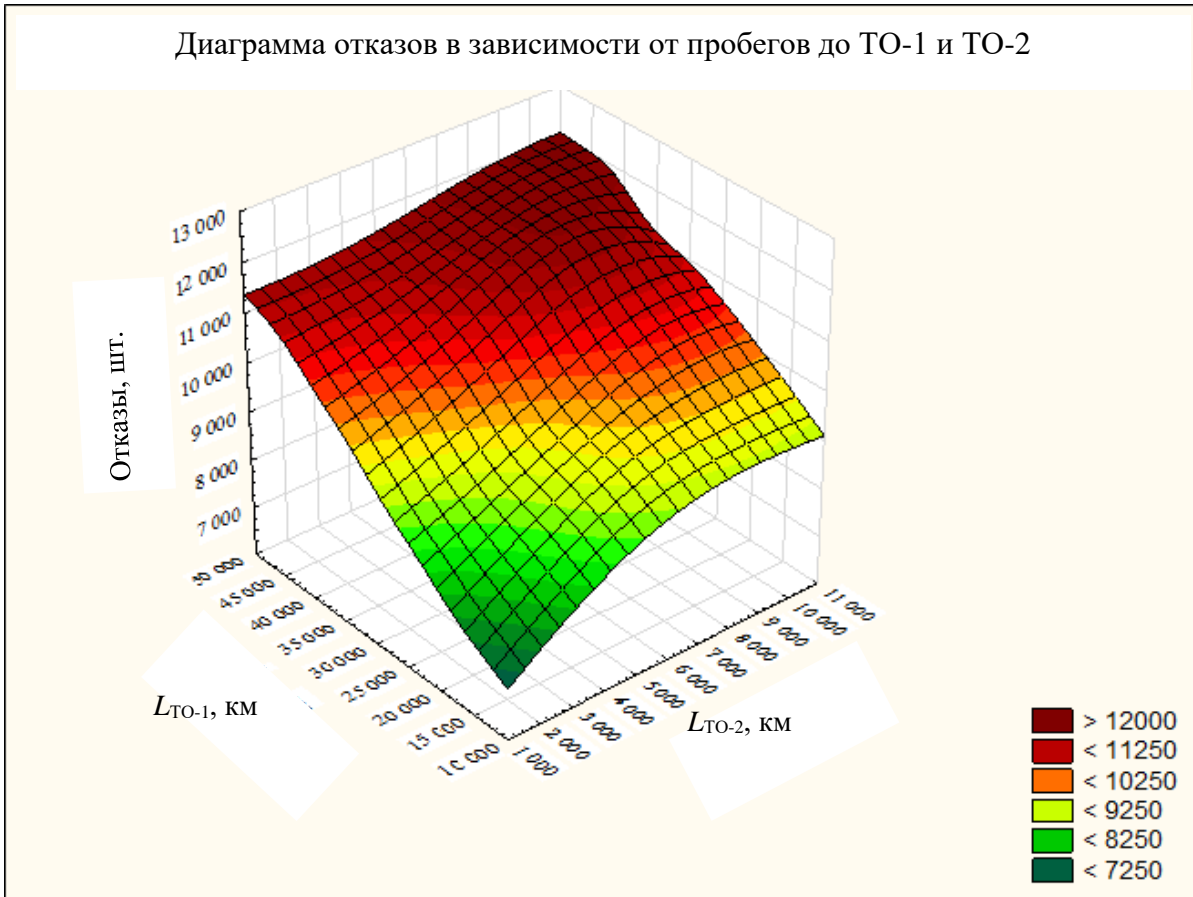


Рисунок 4.1 – Диаграмма отказов в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Для удобства дальнейшего анализа построены таблица 4.3 и график с относительным на 1000 км пробега количеством отказов (рисунок 4.2).

Таблица 4.3 – Относительное количество отказов на 1000 км пробега

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	0,54	0,552	0,667	0,607	0,656
25 000	0,598	0,613	0,644	0,743	0,698
35 000	0,693	0,700	0,721	0,849	0,734
45 000	0,747	0,747	0,748	0,804	0,789

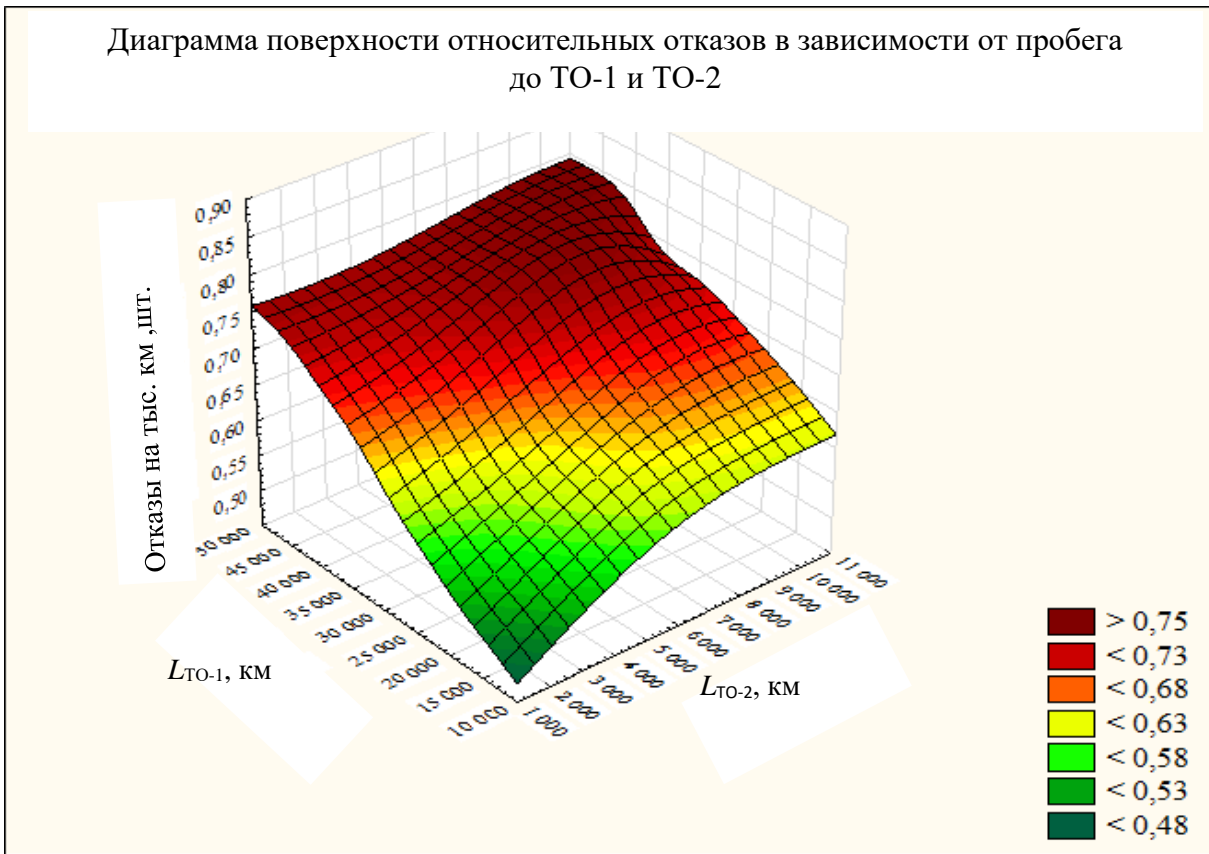


Рисунок 4.2 – Диаграмма поверхности относительных отказов  
в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Дисперсионный анализ между результатами имитационного эксперимента, полученными при различных значениях как пробега до ТО-1, так и до ТО-2, позволяет сделать вывод об отсутствии влияния величины межсервисных пробегов на количество отказов [17, 18]. Вывод производится на основе  $p$ -значений дисперсионного анализа исходя из условия 95%-ной надежности (таблица 4.4).

Таблица 4.4 –  $p$ -значения дисперсионного анализа

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км					$p$ -значение
	2 000–4000	4000–6000	6000–8000	8000–10000	10000–20000	
Общий	0,8953	0,4323	0,3737	0,6182	0,2179	0,0008
15000–25000						0,1783
25000–35000						0,0753
35000–45000						0,3994
45000–55000						0,0004

Данные таблицы 4.4 свидетельствуют о значительных отличиях в количестве отказов ( $p$ -значение меньше 5 %) при увеличении пробега до ТО-2 свыше 45 тыс. км и отсутствии такого влияния на увеличение пробега до ТО-1.

Для подтверждения, что изменение в количестве отказов не зависит от общего пробега, но зависит от выбранного значения пробега до ТО-1 и ТО-2, проведем корреляционный анализ значений общего пробега и количества отказов как по строкам, так и по столбцам таблиц (таблица 4.5).

Таблица 4. 5 – Результаты анализа корреляционных зависимостей между значениями общего пробега и количеством отказов

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км					Значение коэффициентов корреляции по строкам
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000	
Значение коэффициентов корреляции по столбцам	-0,035	-0,792	0,232	0,495	0,848	
15 000						0,194
25 000						0,502
35 000						0,462
45 000						0,743

При увеличении пробега до ТО-2 на величину свыше 35 тыс. км происходит усиление корреляционной зависимости между общим пробегом и количеством отказов, следовательно, в этом случае пробег до ТО-2 не производит уже профилактического эффекта и не оказывает значительного влияния на количество отказов. Аналогичная тенденция выявлена и для больших значений пробега до ТО-1 – от 10 тыс. км и больше. Однако при малых значениях (до 4 тыс. км) коэффициент корреляции имеет отрицательное значение, что говорит о возможности сокращения количества отказов при применении таких размеров межсервисного пробега [67, 69, 71, 72, 87].



## 4.2 Анализ основных показателей, характеризующих эффективность хозяйственной деятельности АТП

По итогам реализации алгоритма имитационного моделирования получены следующие значения основных показателей, характеризующих эффективность хозяйственной деятельности АТП (таблицы 4.6, 4.7, 4.9, 4.10 и рисунки 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.9).

Таблица 4.6 – Валовая выручка без учета потерь, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	613 435 664	619 858 188	618 163 404	614 415 206	610 794 982
25 000	614 257 446	617 212 914	615 733 075	613 337 664	617 171 146
35 000	605 150 857	611 573 381	609 425 292	611 221 803	622 746 016
45 000	611 565 549	612 234 773	619 174 585	618 171 294	618 195 281

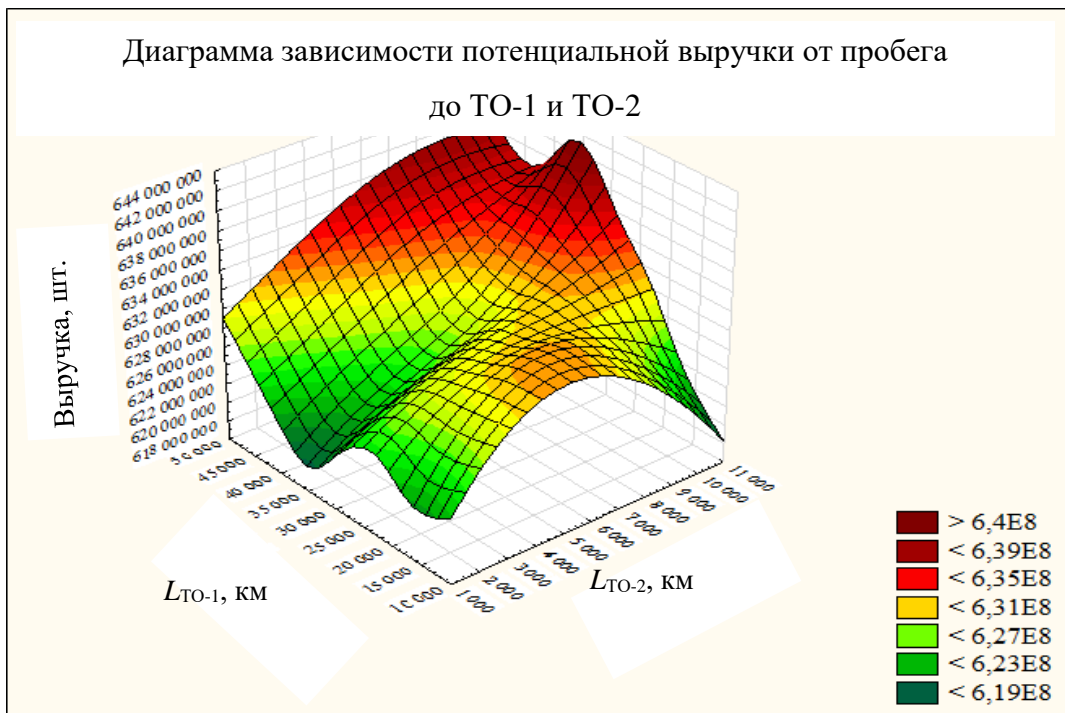


Рисунок 4.3 – Диаграмма зависимости потенциальной выручки от пробега до ТО-1 и ТО-2

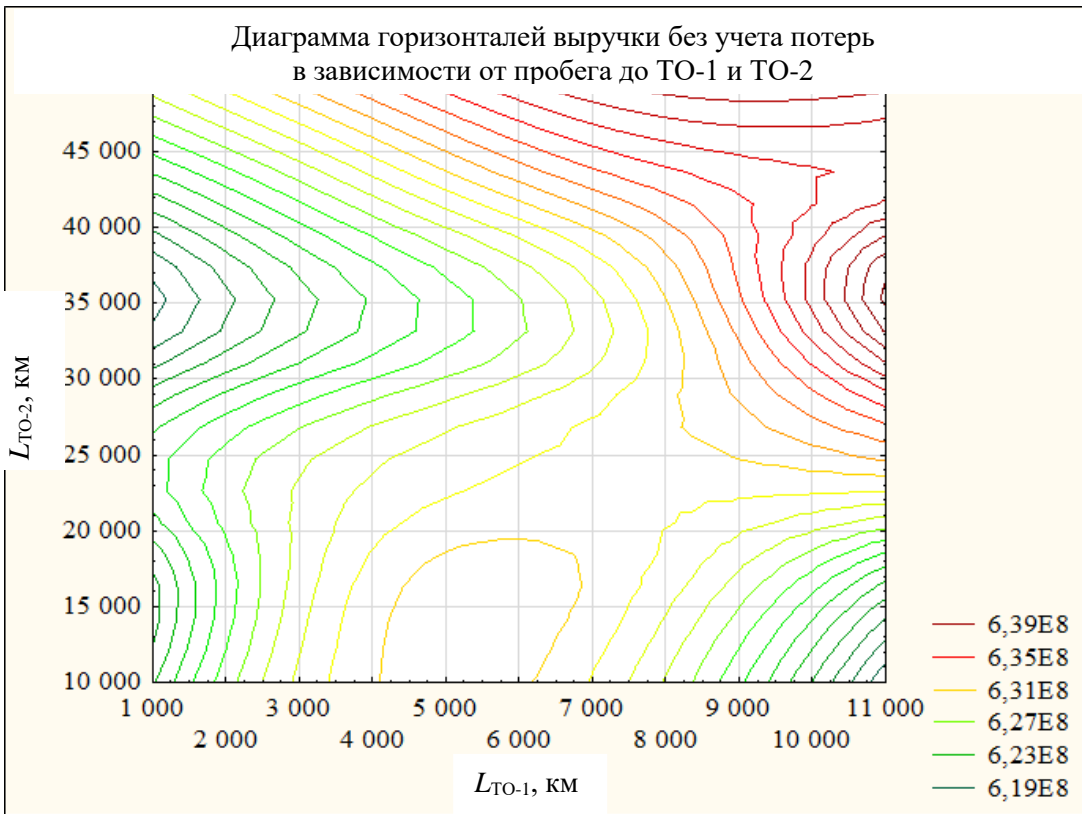


Рисунок 4.4 – Диаграмма горизонталей выручки без учета потерь  
в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Данный показатель показывает максимально возможную выручку, полученную в идеальных условиях без возможных отказов.

Последствия отказов характеризуются потерями, методика расчета которых рассмотрена в предыдущих разделах (таблица 4.7, рисунки 4.5, 4.6).

Таблица 4.7 – Потери, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	11 284 336	12 121 812	14 146 596	13 349 794	13 925 018
25 000	12 201 054	12 898 386	14 265 425	16 035 390	15 068 354
35 000	14 026 643	14 864 119	15 587 208	18 403 197	16 216 484
45 000	15 837 651	16 095 227	16 150 416	17 413 707	17 564 719

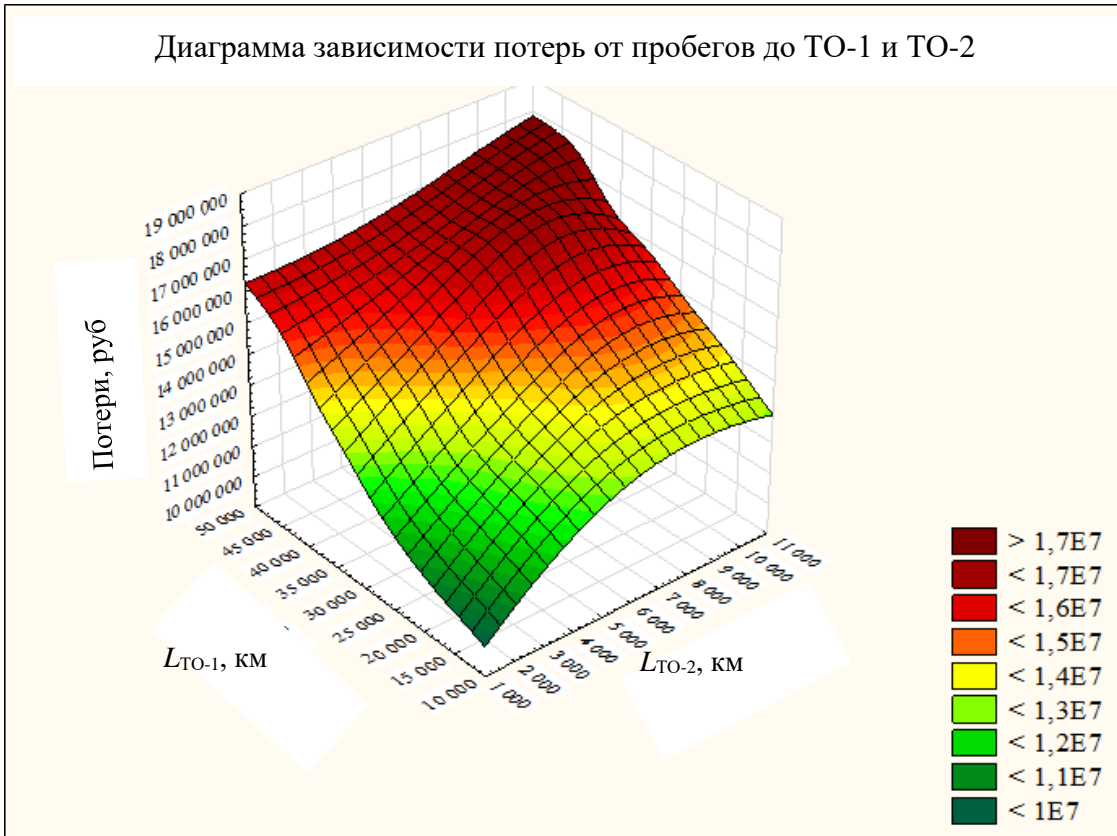


Рисунок 4.5 – Диаграмма зависимости потерь от пробегов до ТО-1 и ТО-2

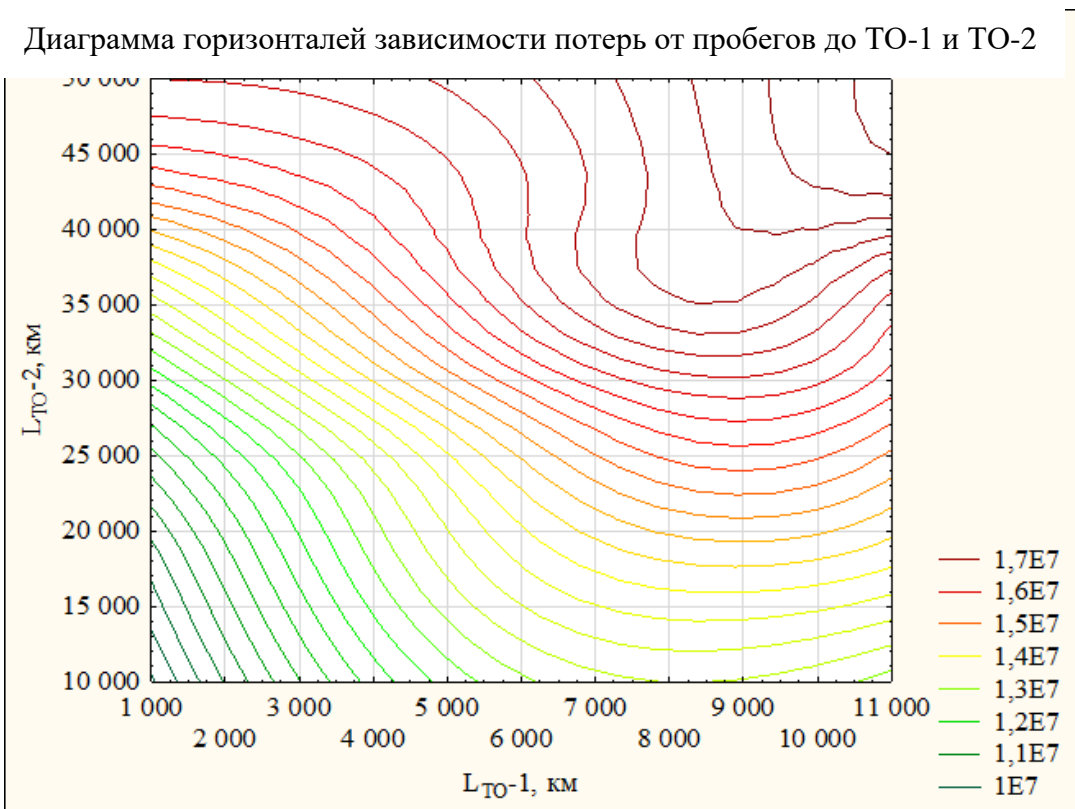


Рисунок 4.6 – Диаграмма горизонталей зависимости потерь от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Диаграмма (рисунок 4.6) показывает, что одновременное увеличение пробега до ТО-1 и пробега до ТО-2 увеличивает размер потерь от отказов. Более пологий рост происходит в случае увеличения значения пробега до ТО-2 при фиксированном малом значении пробега до ТО-1, что также подтверждается анализом диаграммы горизонталей. Увеличение пробега до ТО-1 предпочтительней, так как уменьшается размер потерь.

Величина выручки, которая остается в распоряжении предприятия с учетом потерь, отображена в таблице 4.8 и на рисунках 4.7, 4.8.

Таблица 4.8 – Выручка предприятия с учетом потерь, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	613 435 664	619 858 188	618 163 404	614 415 206	610 794 982
25 000	614 257 446	617 212 914	615 733 075	613 337 664	617 171 146
35 000	605 150 857	611 573 381	609 425 292	611 221 803	622 746 016
45 000	611 565 549	612 234 773	619 174 585	618 171 294	618 195 281

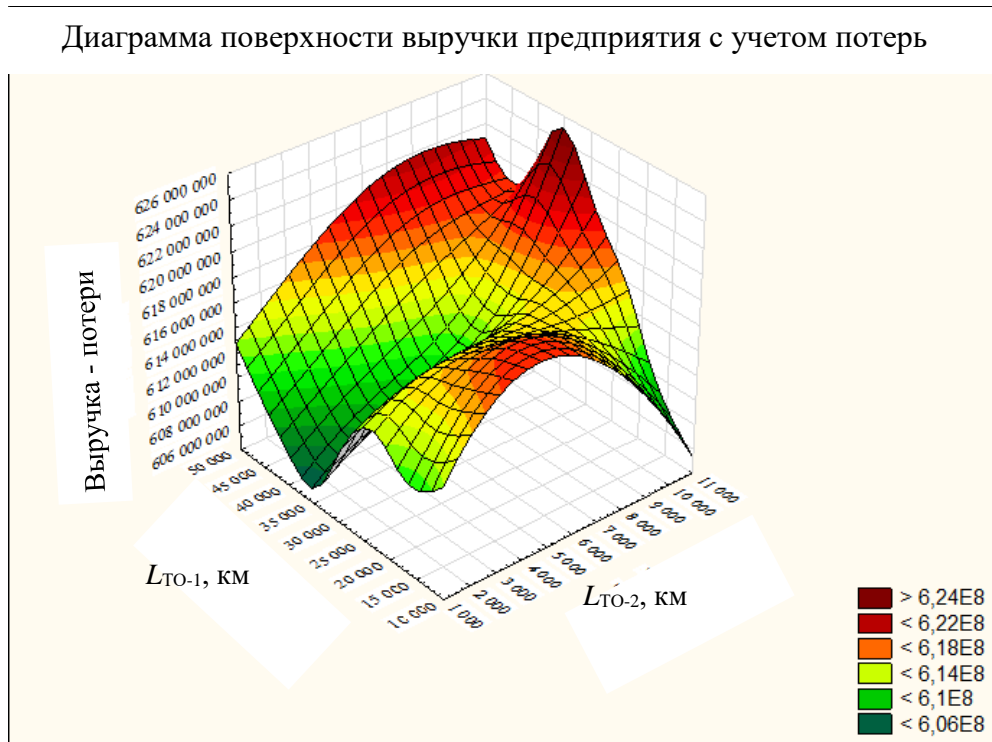


Рисунок 4.7 – Диаграмма поверхности выручки предприятия с учетом потерь

Диаграмма горизонталей выручки предприятия с учетом потерь пробега

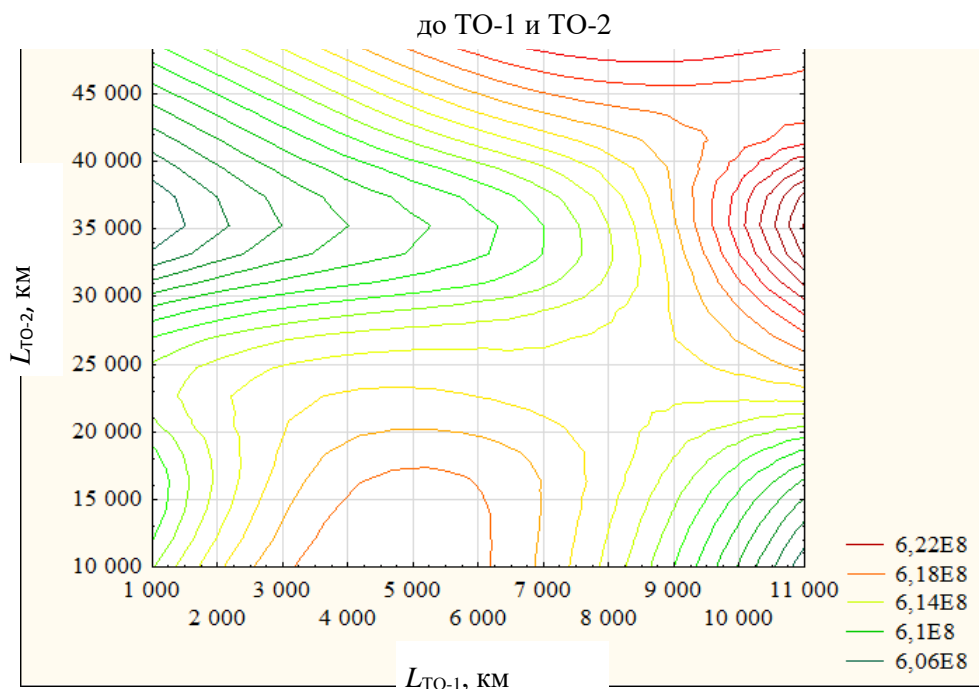


Рисунок 4.8 – Диаграмма горизонталей выручки предприятия с учетом потерь

Величина себестоимости перевозочного процесса (таблица 4.9) напрямую зависит как от пробега подвижного состава, так и от количества отказов, следовательно, расходов на техническое обслуживание и ремонт (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Себестоимость перевозок, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	488 697 000	488 823 000	490 215 000	485 901 000	488 748 000
25 000	488 727 000	488 709 000	489 567 000	488 379 000	492 235 500
35 000	493 659 000	493 785 000	488 670 000	499 837 500	503 460 000
45 000	499 101 000	499 083 000	497 475 000	502 233 000	498 912 000

Зависимость себестоимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2 представлена на рисунках 4.9, 4.10.

Диаграмма зависимости себестоимости перевозок от пробегов до ТО-1 и ТО-2

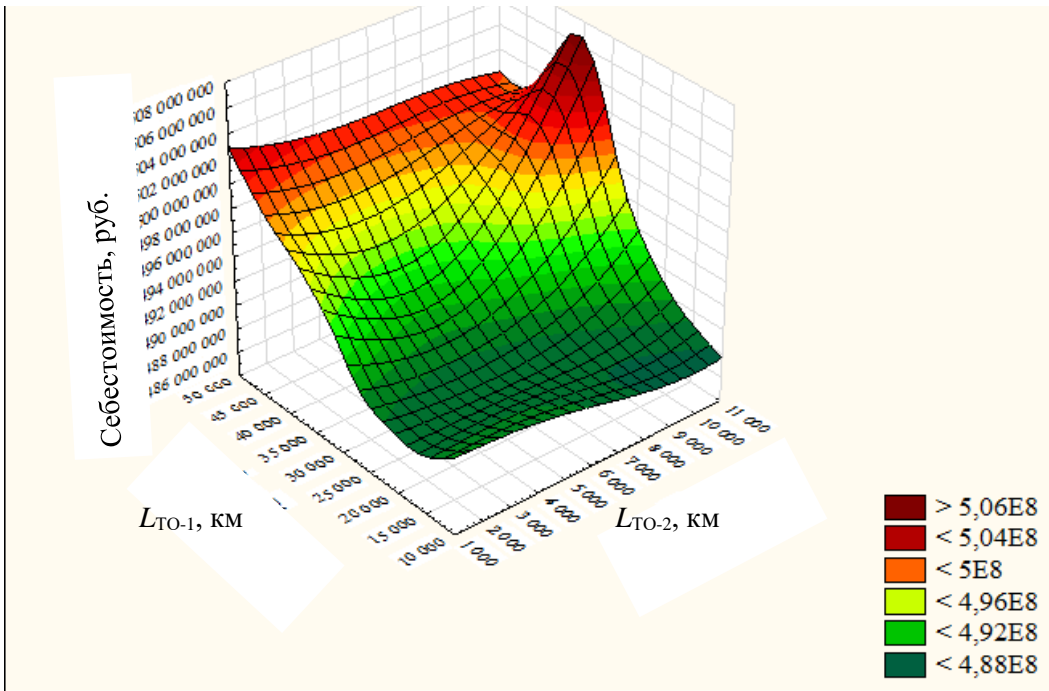


Рисунок 4.9 – Диаграмма зависимости себестоимости перевозок от пробегов до ТО-1 и ТО-2

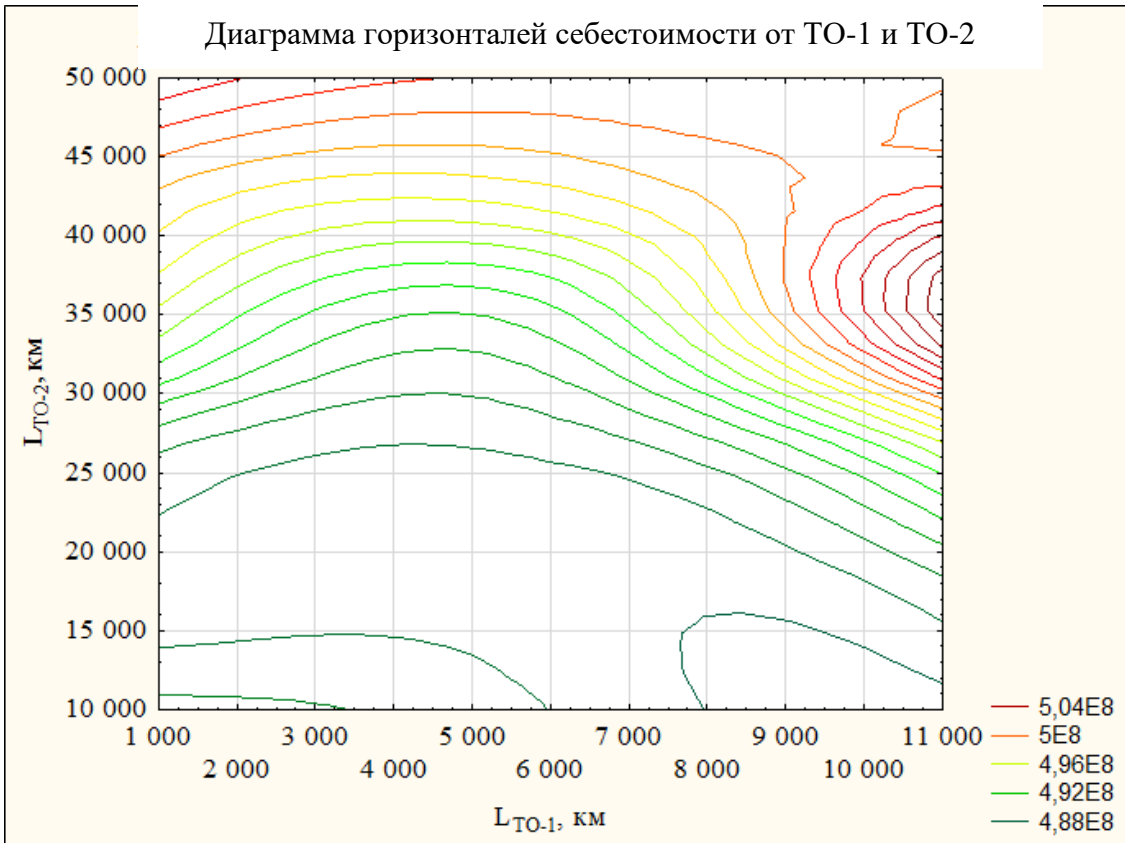


Рисунок 4.10 – Диаграмма горизонталей себестоимости от ТО-1 и ТО-2

Расчет рентабельности перевозок показал, что максимум функции рентабельности достигается при пробеге до ТО-1 5-6 тыс. км и до ТО-2 – 15-18 тыс. км. Решение задачи максимизации наработки парка подвижного состава ограничено областью малых значений пробега до ТО-1 и при пробеге до ТО-2 больше 35 тыс. км. Данные по рентабельности отображены в таблице 4.9 и на рисунках 4.11, 4.12.

Таблица 4.9 – Рентабельность перевозок АТП, %

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-2, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	25,52	26,81	26,10	26,45	24,97
25 000	25,69	26,29	25,77	25,59	25,38
35 000	22,58	23,85	24,71	22,28	23,69
45 000	22,53	22,67	24,46	23,08	23,91

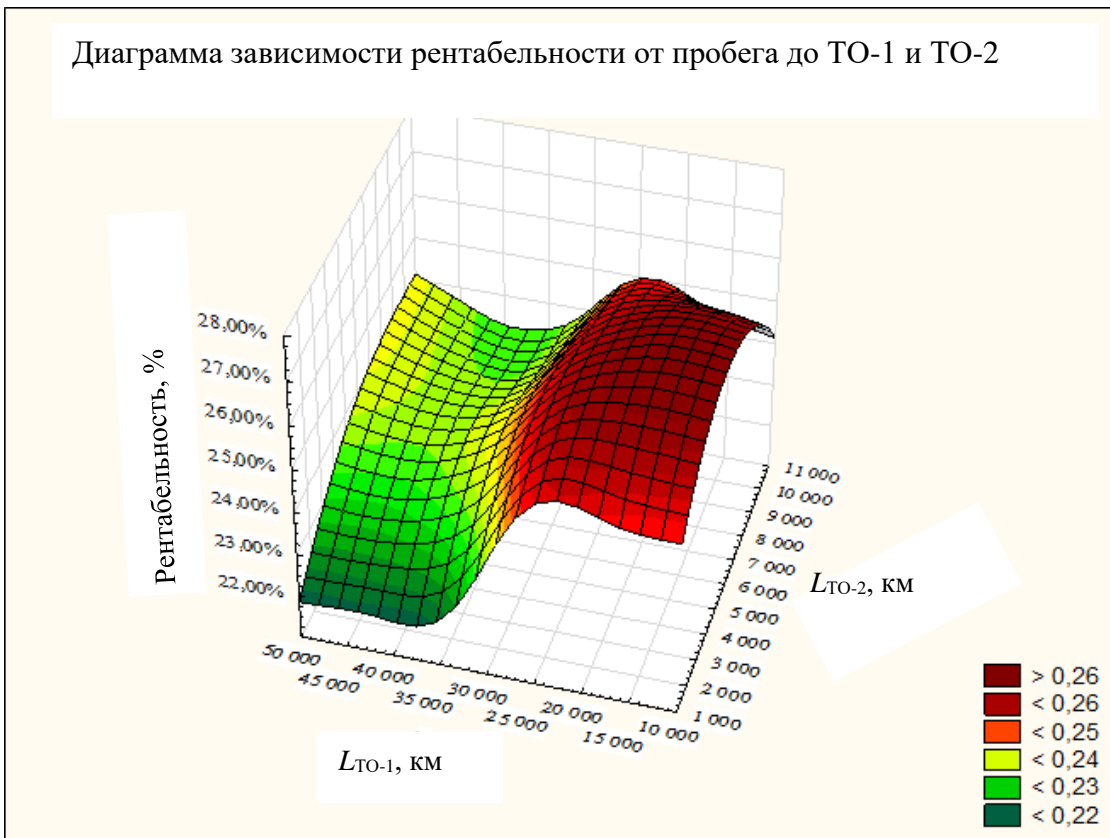


Рисунок 4.11 – Диаграмма зависимости рентабельности от пробега до ТО-1 и ТО-2

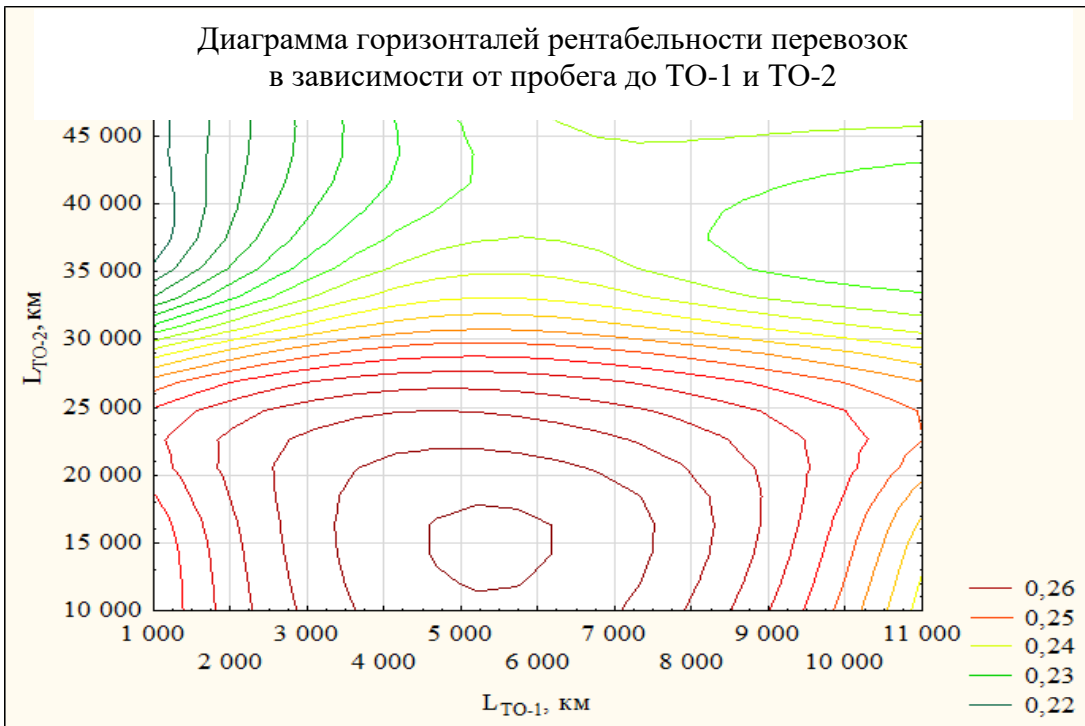


Рисунок 4.12 – Диаграмма горизонталей рентабельности перевозок в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт на 1000 км пробега отображены на рисунках 4.13 и 4.14.

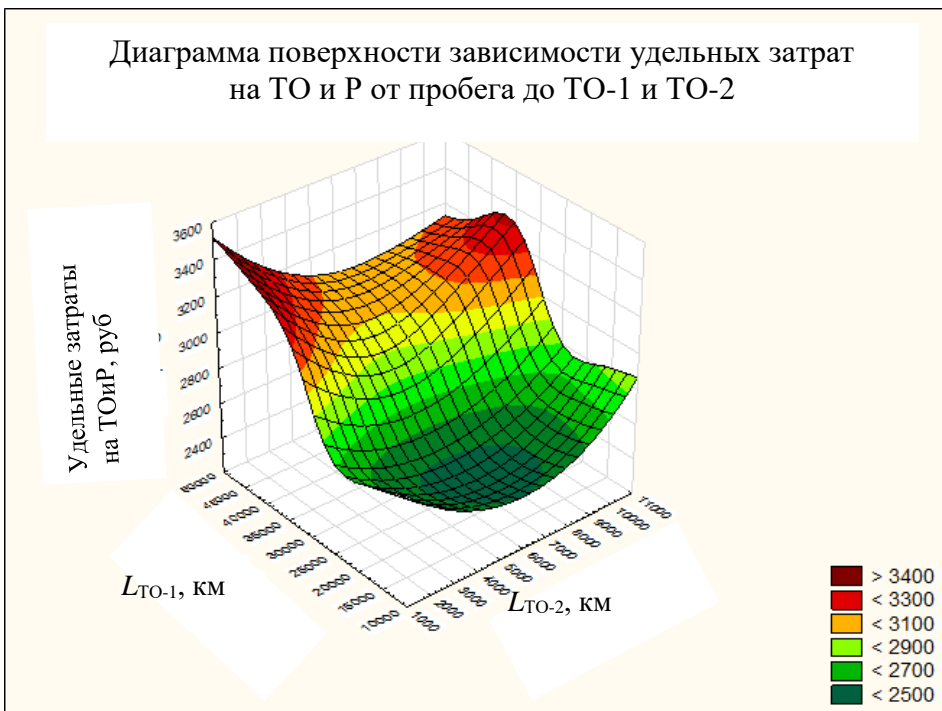


Рисунок 4.13 – Диаграмма поверхности зависимости удельных затрат на ТО и Р от пробега до ТО-1 и ТО-2



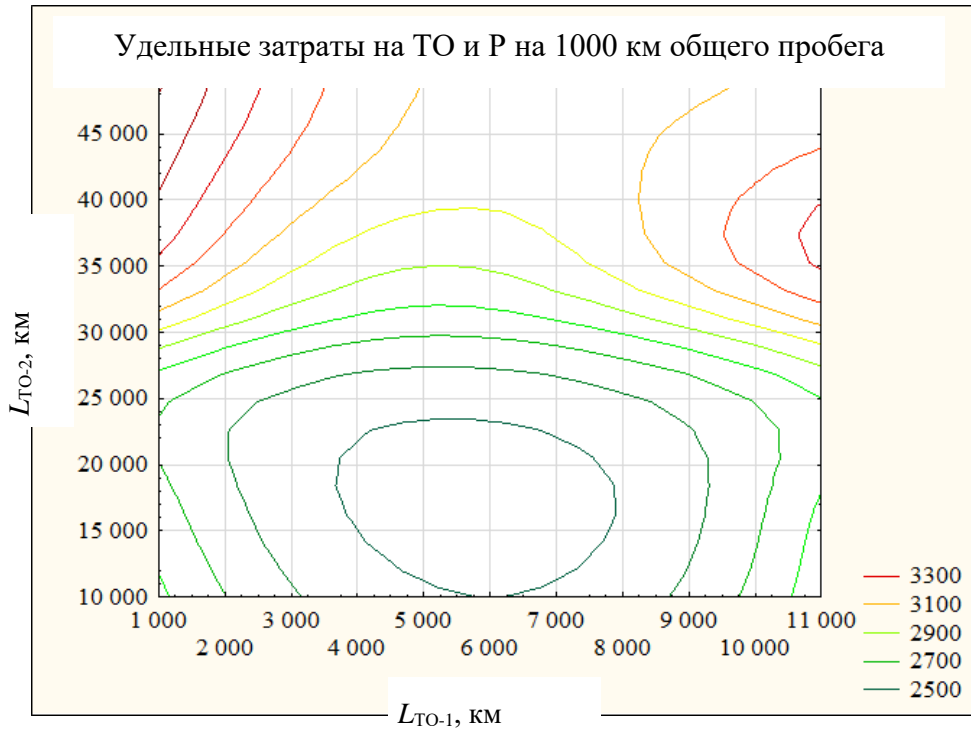


Рисунок 4.14 – Удельные затраты на ТО и Р  
на 1000 км общего пробега

Поставленная задача максимизации наработки на отказ при заданной рентабельности требует анализа полученных результатов по наработке (таблица 4.10, рисунок 4.15, 4.16).

Таблица 4.10 – Нарботка на отказ в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-2, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	1 851	1 810	1 499	1 646	1 524
25 000	1 670	1 629	1 551	1 345	1 431
35 000	1 441	1 427	1 386	1 176	1 361
45 000	1 338	1 337	1 335	1 243	1 266

Диаграмма зависимости наработки на отказ от пробегов до ТО-1 и ТО-2

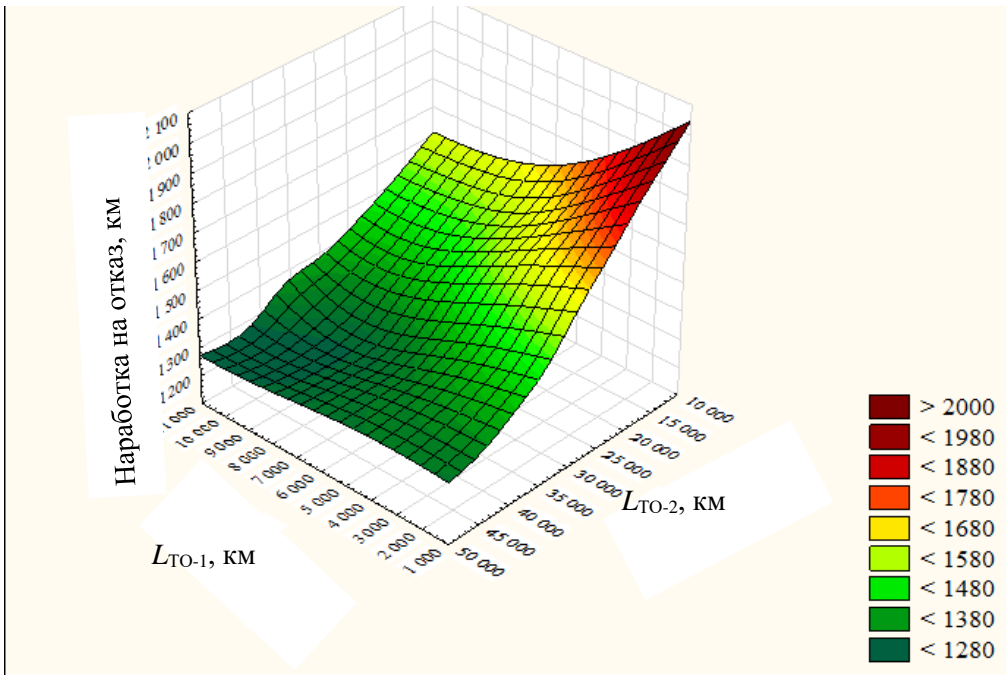


Рисунок 4.15 – Диаграмма зависимости наработки на отказ от пробегов до ТО-1 и ТО-2

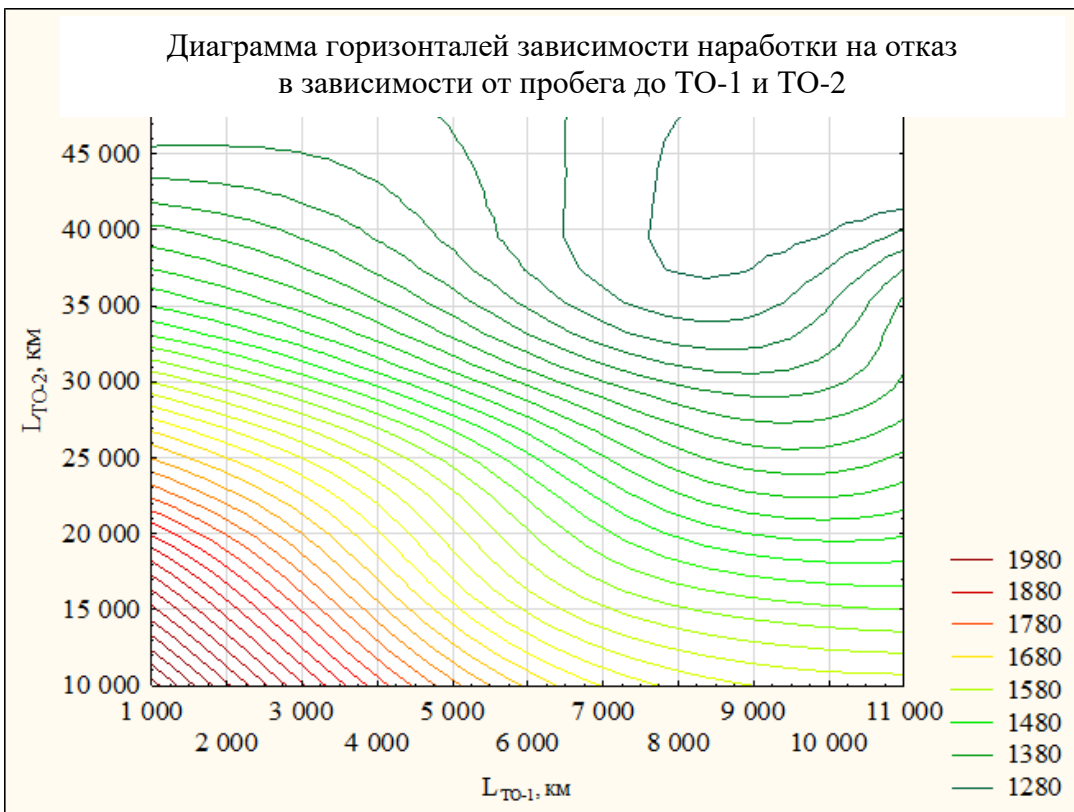


Рисунок 4.16 – Диаграмма горизонталей зависимости наработки на отказ в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

### 4.3. Построение уравнений зависимостей основных показателей от пробега до ТО-1 и ТО-2

Для построения зависимостей основных показателей использовался такой научный инструмент, как частные модели наименьших квадратов статистического пакета Statistica, т.к. обычные методы наименьших квадратов не позволяют подобрать зависимость с требуемым уровнем точности [80]. Результаты значений коэффициентов функции представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Значения коэффициентов регрессии PLS

Коэффициент регрессии	Св. чл.	$L_{ТО-1}$	$L_{ТО-1}^2$	$L_{ТО-2}$	$L_{ТО-2}^2$
Показатель					
Выручка	624 031 666	2 288,99	-0,114	-387,55	0,0083
Потери	7 163 579	854,5	-0,012	176,97	-0,0008
Себестоимость	487 456 522	-1121,75	0,127	25,34	0,006
Рентабельность	26,54	0,0006	-	-0,00012	-
Отказы	5 367	0,435	-0,00002	0,137	-0,000001
С <sub>ТОиР</sub>	38 550 472	-1 948,84	0,1727	171,17	0,002899
Относительное число отказов	0,3611	0,000026	-	0,00001	-
Относительный объем С <sub>ТОиР</sub>	2590,97	-0,1413	0,00001	0,01392	-
Наработка	2250,14	-0,061	0,000003	-0,025	-

В таблицах 4.12–4.22 представлены оценки значений данных коэффициентов.

Таблица 4.12 – Оценка коэффициентов регрессии в зависимости выручки от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Выручка	Увеличение $R^2$ по $Y$	Среднее $R^2$ по $Y$	Увеличение $R^2$ по $X$	Увеличение $R^2$ по $X$
Компонент 1	0,374433	0,374433	0,495674	0,495674
Компонент 2	0,058387	0,432819	0,083289	0,578963
Компонент 3	0,010953	0,443773	0,417998	0,996961
Компонент 4	0,003771	0,447544	0,003039	1,000000

Таблица 4.13 – Оценка коэффициентов регрессии в зависимости потерь  
от отказов от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Потери	Увеличение $R^2$ по $Y$	Среднее $R^2$ по $Y$	Увеличение $R^2$ по $X$	Увеличение $R^2$ по $X$
Компонент 1	0,826722995	0,826722995	0,496634781	0,496634781
Компонент 2	0,026962411	0,853685406	0,216721656	0,713356437
Компонент 3	0,0198679398	0,873553346	0,28375009	0,997106527
Компонент 4	0,00161387432	0,87516722	0,00289347276	1,000000

Таблица 4.16 – Оценка коэффициентов регрессии себестоимости  
от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Себестоимость	Увеличение $R^2$ по $Y$	Среднее $R^2$ по $Y$	Увеличение $R^2$ по $X$	Увеличение $R^2$ по $X$
Компонент 1	0,728779925	0,728779925	0,497125226	0,497125226
Компонент 2	0,0146815731	0,743461498	0,153785076	0,650910302
Компонент 3	0,00624734896	0,749708847	0,34626061	0,997170911
Компонент 4	0,00046698418	0,750175831	0,0028290886	1,000000

Таблица 4.17 – Оценка коэффициентов регрессии зависимости рентабельности  
от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Рентабельность	Увеличение $R^2$ по $Y$	Среднее $R^2$ по $Y$	Увеличение $R^2$ по $X$	Увеличение $R^2$ по $X$
Компонент 1	0,646980438	0,646980438	0,497264013	0,497264013
Компонент 2	0,0549792315	0,701959669	0,00466484186	0,501928855
Компонент 3	0,000031093063	0,701990762	0,488813324	0,990742178
Компонент 4	0,00113491184	0,703125674	0,00925782158	1,000000

Таблица 4.18 – Оценки коэффициентов регрессии зависимости  
количества отказов от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Отказы	Увеличение $R^2$ по $Y$	Среднее $R^2$ по $Y$	Увеличение $R^2$ по $X$	Увеличение $R^2$ по $X$
Компонент 1	0,646980438	0,646980438	0,497264013	0,497264013
Компонент 2	0,0549792315	0,701959669	0,00466484186	0,501928855
Компонент 3	0,000031093063	0,701990762	0,488813324	0,990742178
Компонент 4	0,00113491184	0,703125674	0,00925782158	1,000000

Таблица 4.19 – Оценки коэффициентов регрессии зависимости затрат на техническое обслуживание и ремонт от пробегов до ТО-1 и ТО-2

С <sub>ТОиР</sub>	Увеличение R2 по Y	Среднее R2 по Y	Увеличение R2 по X	Увеличение R2 по X
Компонент 1	0,710391931	0,710391931	0,497236474	0,497236474
Компонент 2	0,0554810444	0,765872976	0,0190693583	0,516305833
Компонент 3	0,00163814607	0,767511122	0,480961835	0,997267668
Компонент 4	0,000000123472994	0,767511245	0,00273233185	1,000000

Таблица 4.20 – Оценки коэффициентов регрессии зависимости – относительное количество отказов от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Относительное количество отказов	Увеличение R2 по Y	Среднее R2 по Y	Увеличение R2 по X	Увеличение R2 по X
Компонент 1	0,784432672	0,784432672	0,49681797	0,49681797
Компонент 2	0,0194501916	0,803882863	0,241183639	0,738001609
Компонент 3	0,0175919223	0,821474786	0,258740026	0,996741635
Компонент 4	0,00264383445	0,82411862	0,0032583652	1,000000

Таблица 4.21 – Оценки коэффициентов регрессии зависимости относительных затрат на техническое обслуживание и ремонт от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Относительные затраты на техническое обслуживание и ремонт	Увеличение R2 по Y	Среднее R2 по Y	Увеличение R2 по X	Увеличение R2 по X
Компонент 1	0,687133693	0,687133693	0,497253188	0,497253188
Компонент 2	0,0658119692	0,752945662	0,00923828709	0,506491475
Компонент 3	0,000599621131	0,753545283	0,490773371	0,997264846
Компонент 4	0,0000342056188	0,753579489	0,00273515391	1,000000

Таблица 4.22 – Оценки коэффициентов регрессии зависимости наработки от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Наработка	Увеличение $R^2$ по $Y$	Среднее $R^2$ по $Y$	Увеличение $R^2$ по $X$	Увеличение $R^2$ по $X$
Компонент 1	0,783180599	0,783180599	0,496799071	0,496799071
Компонент 2	0,0271552092	0,810335808	0,223016322	0,719815393
Компонент 3	0,0212600608	0,831595869	0,276770569	0,996585961
Компонент 4	0,00365123296	0,835247102	0,00341403862	1,000000

Результаты оценки коэффициентов регрессии показывают, что в большинстве случаев для коэффициентов со значимыми значениями оценки находятся в пределах от средней до высокой значимости. Коэффициенты со слабой значимостью исключены из итоговых зависимостей.

#### 4.4. Анализ результата решения задачи максимизации наработки при заданном значении рентабельности

Область решения задачи, представленной формулой (2.3), отображена на рисунке 4.17.

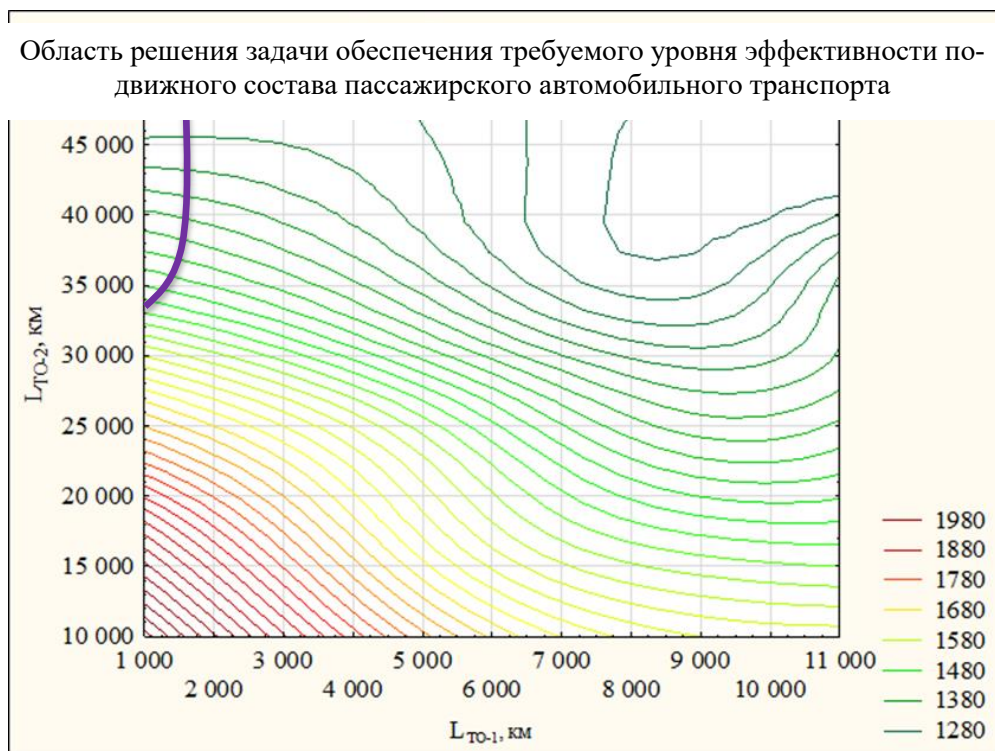


Рисунок 4. 17 – Область решения задачи обеспечения требуемого уровня эффективности подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта

Как видно из данных рисунка 4.17, решение задачи обеспечения требуемого уровня эффективности ПС АПТ лежит в очень узком диапазоне, который соответствует малым значениям пробега до ТО-1 и при пробеге до ТО-2 больше 35 тыс. км. При этом в выбранной области с ростом пробега до ТО-2 происходит падение наработки на отказ, следовательно, наиболее логичным является решение, располагающееся на самой горизонтали 22%-ной рентабельности. То есть для поддержания требуемого уровня рентабельности предприятия автомобильного пассажирского транспорта рекомендуется выбрать для этого состава парка подвижного состава и стабильных условиях внешнего окружения (цены на топливо, цены на ГСМ и т.д.), пробег до ТО-1 1,0–1,5 тыс. км и пробег до ТО-2, равный 35 тыс. км.

Поскольку зависимость рентабельности от пробега до ТО-1 и ТО-2 линейная, то коэффициенты перед факторами указывают на среднее влияние фактора. Так, увеличение пробега до ТО-1 на 1000 км позволяет увеличить рентабельность на 0,6 %, а увеличение пробега до ТО-2 на 1000 км снижает рентабельность на 0,12 %. Такой результат объясняется, во-первых, низкой чувствительностью линейной функции к полученным результатам, во-вторых, указывает на то, что часть элементов и подсистем, включенных в группу работ по ТО-1, вполне можно отнести в группу работ по ТО-2.

#### 4.5. Методика проведения обоснования величины межсервисных пробегов

Проведенные исследования позволяют рекомендовать следующую последовательность действий при обосновании величины межсервисных пробегов с учетом величины заданной рентабельности.

1. Сбор информации по отказам подсистем ПС ПАТ за последний год, что позволяет в дальнейшем оценить все возможные изменения в вероятностях отказов.

2. Определение вероятностей отказов подсистемы.

3. Расчет либо, при наличии среднесрочного плана АТП, корректировка требуемой величины рентабельности перевозок.

4. Моделирование основных показателей работы АТП.

5. Формирование вывода о требуемой величине межсервисных пробегов.

Такой подход позволяет удовлетворить существующие потребности населения в транспортном обслуживании и гибко реагировать на изменение экономической ситуации.

#### Выводы к главе 4

1. При увеличении пробега до ТО-2 на величину свыше 35 тыс. км он не производит уже профилактического эффекта и не оказывает значительного влияния на количество отказов. Аналогичная тенденция выявлена и для больших значений пробега до ТО-1 – от 10 тыс. км и больше. Однако при малых значениях до 4 тыс. км существует возможность сокращения количества отказов при применении таких размеров межсервисного пробега.

2. Расчет рентабельности перевозок показал, что максимум функции рентабельности достигается при значениях пробега до ТО-1 5-6 тыс. км и до ТО-2 – 15-18 тыс. км. Решение задачи максимизации наработки парка подвижного состава ограничено областью малых значений пробега до ТО-1 и при пробеге до ТО-2 больше 35 тыс. км.

3. Для поддержания требуемого уровня рентабельности АТП рекомендуется выбрать для данного состава парка подвижного состава и стабильных условиях внешнего окружения (цены на топливо, цены на ГСМ и т.д.) пробег до ТО-1 1–1,5 тыс. км и пробег до ТО-2, равный 35 тыс. км.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения диссертационной работы поставленные цели достигнуты, задачи решены. Основными результатами работы являются следующие положения.

1. Установлено, что в существующих экономических условиях необходимо обеспечить функционирование АТП на уровне рентабельности, обеспечивающем устойчивую деятельность предприятия минимум на 9,6 %, а для целей обновления основных фондов, для данного предприятия – 22 %. Исходя из данного условия сформулирован критерий эффективности функционирования ПС АТП: критерий максимума наработки на отказ.

2. Установлено, что действующая нормативная литература морально устарела и не учитывает современных условий эксплуатации.

3. Систематизированы и выделены характерные в условиях высокого уровня загрузки движением (при коротком цикле «разгон-торможение» в преобладающих насыщенных транспортных потоках) отказы и повреждения ПС АПТ. Установлено, что для данных условий наибольшую долю от всех отказов ПС занимают отказы системы охлаждения и течь охлаждающей жидкости (19 %), отказы двигателя внутреннего сгорания (15 %), прокол колеса (8 %).

4. Установлены зависимости основных показателей функционирования ПС АПТ, работающего в условиях высокого уровня загрузки движением, от величины межсервисных пробегов.

5. Установлено влияние факторов на рентабельность перевозок. Так, увеличение пробега до ТО-1 на 1000 км позволяет увеличить рентабельность на 0,6 %, а увеличение пробега до ТО-2 на 1000 км, снижает рентабельность на 0,12 %.

6. Обоснованы рациональные величины межсервисных пробегов ПС АПТ исходя из требуемого уровня обеспечения эффективности его эксплуатации. Для поддержания требуемого уровня рентабельности АТП рекомендуется выбрать для данного состава парка ПС в стабильных условиях внешнего окружения (цены на топливо, цены на ГСМ и т.д.) пробег до ТО-1 1-1,5 тыс. км и пробег до ТО-2, равный 35 тыс. км.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонькин, Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации / Ф.Н. Авдонькин. – М. : Транспорт, 1993. – 350 с.
2. Авдонькин, Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей / Ф.Н. Авдонькин. – М. : Транспорт, 1985. – 216 с.
3. Алабужуев, П.М. Теория подобия и размерностей. Моделирование / П.М. Алабужев, В.Б. Геронимус, Л.М. Минкевич, Б.А. Шеховцов. – М. : Высшая школа, 1968. – 206 с.
4. Андерсон, Т. Статистический анализ временных рядов / Т. Андерсон. – М. : Мир, 1976. – 755 с.
5. Андрианов, Ю.В. Исследование влияния дорожных и транспортных условий на эффективность технической эксплуатации автомобилей : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук / Ю.В. Андрианов. – М. : НИИАТ, 1979. – 178 с.
6. Анилович, В.Я К расчету числа запасных частей / В.Я. Анлович, А.Ф. Яременко, Ю.А. Манчинский, В.И. Савин // Тракторы и сельхозмашины. – 1975. – №1. – С.40–42.
7. Атапин, В.Г. Основы работоспособности технических систем. Автомобильный транспорт : учеб. пособие. / В.Г. Атапин. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2006. – 192 с.
8. Баженов, Ю.В. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: практикум / Ю.В. Баженов. – Владимир : ВлГУ, 2008. – 122 с.
9. Баранов, В. Автоматизация поиска неисправностей агрегатов автомобилей/ В.Баранов, Б.Антропов // Автомобильный транспорт. – 1997. – №1. – С. 21–23.
10. Беллман, Р. Динамическое программирование / Р. Беллман. – М. : Иностранная литература, 1960. – 135 с.
11. Бешелев, С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.

12. Билибина, М.Ф. Расчет экономической эффективности внедрения новой техники на автомобильном транспорте / М.Ф. Билибина. – М. : Транспорт, 1972. – 152 с.
13. Болдин, А.П. Основы научных исследований и УНИРС : учебное пособие. 2-е изд., перераб и доп. / А.П. Болдин, В.А.Максимов. – М. : МАДИ (ГТУ), 2002. – 276 с.
14. Болотин, В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / В.В. Болотин. – М. : Машиностроение, 1984. – 312 с.
15. Боровиков, В.П. Прогнозирование в системе Statistika в среде Windows : учеб. пособие / В.П. Боровиков и др. – М. : Финансы и статистика, 2000. – 384 с.
16. Брауде, В.М. Надежность подъемно-транспортных машин / В.И. Брауде, Л.Н. Семенов. – Л. : Машиностроение, 1986. – 183 с.
17. Брунштейн, Д.П. Автоматизация учетно-вычислительных работ на автомобильном транспорте / Д.П. Брунштейн. – М. : Транспорт, 1986. – 224 с.
18. Брунштейн, Д.П. Вычислительные центры в системе контроля автотранспортной информации / Д.П. Брунштейн. – М. : Транспорт, 1988. – 173 с.
19. Брябин, В.М. Программное обеспечение персональных ЭВМ / В.М. Брябин. – М. : Наука, 1990. – 235 с.
20. Буслаев, А.П. Вероятностные и имитационные подходы / А.П. Буслаев, А.В. Новиков, В.М. Приходько и др. – М. : Мир, 2003. – 368 с.
21. Бусленко, Н.П. Метод статистических испытаний / Н.П. Бусленко, Ю.А. Шрейдер. – М. : Физматгиз, 1961. – 226 с.
22. Варданян, С.Г. Применение теории подобия и анализа размерностей к моделированию задач механики деформируемого твердого тела / С.Г. Варданян. – М. : Изд-во МИСИ, 1980. – 103 с.
23. Васильева, Е. М. Оптимизация планирования и управления транспортными системами / Е.М. Васильева, Б. Ю. Левит, Р. В. Игудин В.Н. Лившиц. – М. : Транспорт, 1987. – 208 с.

24. Вейцман, В. ЭВМ и пассажирские перевозки в городах / В. Вейцман, А. Михайлов // Автомобильный транспорт. – № 9. – 1982. – С. 16–17.
25. Великанов, Д.П. Эффективность автомобиля / Д.П. Великанов. – М. : Транспорт, 1969. – 240 с.
26. Венецкий, И.Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе : справочник ; 2-е изд., перераб. и доп. / И.Г. Венецкий, В.И.Вененкая. – М. : Статистика, 1979. – 447 с.
27. Веников, В.А. Теория подобия и моделирования / В.А. Веников. – М. : Высшая школа, 1976 – 479 с.
28. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М. : Наука, 1969. – 178 с.
29. Владимиров, В.А. Инженерные основы дорожного движения / В.А. Владимиров.– М. : Стройиздат, 1975. – 412 с.
30. Войнов, К.Н. Прогнозирование надежности механических систем / К.Н. Войнов. – Л. : Машиностроение, 1978. – 208 с.
31. Вол, М. Анализ транспортных систем / Пер. с англ. / М. Вол, Б. Мартин. – М. : Транспорт, 1989. – 514 с.
32. Волгин, В.В. Запасные части: особенности маркетинга и менеджмента / В.В. Волгин. М. : Ост–89, 1997. – 178 с.
33. Волков, В.С. Расчет прогнозных оценок безотказности транспортных машин на основе критериев подобия / В.С. Волков, В.К. Магомедов // Актуальные проблемы современного строительства. Ч. 1. Фундаментальные и прикладные исследования в области технических наук : м-лы Междунар. науч.-техн. конф. / под общ. ред. Т.И. Барановой. – Пенза : ПГУАС. – 2007. – С. 86–90.
34. Воронов, В.П. Управление качеством технических обслуживании и ремонтов автомобилей на автотранспортных предприятиях / В.П. Воронов. – М. : МАДИ, 1989. – 53 с.
35. Габарда, Д. Новые транспортные системы в городском общественном транспорте / Пер. со словацк. / Д. Габарда. – М. : Транспорт, 1990. – 216 с.

36. Герониус, Б. Совершенствование системы технико-экономического нормирования / Б. Герониус, Г. Кузнецов, А. Новикова, М. Молис // Автомобильный транспорт. – 1984. – № 3. – С. 47–49.
37. Гладков, Г.И. О параметрах подвески многоосного автомобиля / Г.И. Гладков, М.Н. Лобанов // М. : Автомобильная промышленность. – 2003. – №8. – С. 29–30.
38. Гмурман, М.И. Теория вероятностей и математическая статистика / М.И. Гмурман. М. : Высшая школа, 1977. – 480 с.
39. Гнеденко, В.Б. Математические методы в теории надежности / В.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев. – М. : Наука, 1965. – 524 с.
40. Говорущенко, Н.Я. Основы управления автомобильным транспортом / Н.Я. Говорущенко. – Харьков : Вища школа 1978. – 223 с.
41. Говорущенко, Н.Я. Техническая эксплуатация автомобилей / Н.Я. Говорущенко – Харьков : Вища школа, 1984. – 311 с.
42. ГОСТ 20237–85. Надежность в технике. Расчет показателей безотказности восстанавливаемых объектов (без резервирования). – М. : Изд-во стандартов, 1985. – 9 с.
43. ГОСТ 27.103–83. Надежность в технике. Критерии отказов и предельных состояний. Основные положения. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 5 с.
44. ГОСТ 27.301–83. Надежность в технике. Прогнозирование надежности изделий при проектировании. Общие требования. – М. : Изд-во стандартов, 1983. – 39 с.
45. ГОСТ Р 52398–2005. Классификация автомобильных дорог. – М. : Стандартиформ, 2006. – 4 с.
46. ГОСТ Р 27.002–2009 Надежность в технике. Термины и определения. – М. : Стандартиформ, 2010.
47. Дажин, В.Г. Теоретические основы системы расчетов надежности подвижного состава автомобильного транспорта на стадии ремонта: дисс... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. – М. : МАДИ, 1980. – 296 с.

48. Дехтеринский, Л.В. Некоторые теоретические вопросы технологии ремонта машин / Л.В. Дехтеринский. – М. : Высшая школа, 1970. – 196 с.
49. Джонсон, Н. Статистика и планирование в технике и науке: метод планирования эксперимента / Пер. с англ. / Н.Джонсон, Ф. Лион. – М. : Мир, 1981. – 520 с.
50. Дингес, Э.В. Анализ методов технико-экономического обоснования воспроизводства объектов транспортной инфраструктуры (на примере автодорожных мостов) / Э.В. Дингес, А.И. Акулов. – М. : Информавтодор. №1, 2000. – 84 с.
51. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М. : Статистика, 1973. – 380 с.
52. Дружинин, Н.К. Выборочное наблюдение и эксперимент / Н.К. Дружинин. – М. : Статистика, 1977. – 176 с.
53. Дубров, А.М. Многомерные статистические методы : учебник / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. – М. : Финансы и статистика, 1998. – 352 с.
54. Дунаев, А.П. Организация диагностирования при обслуживании автомобилей / А.П. Дунаев. – М. : Транспорт, 1987. – 207 с.
55. Дуплякин, М.К. Об отказах путевых машин при ремонтах железнодорожного пути // Вестник УрГУПС. – 2011. – №2. – С. 73–79.
56. Дуплякин, М.К. Прогнозная модель случайных отказов ремонтно-строительных машин в «окно» // Вестник УрГУПС. – 2013. – №1. – С. 24–33.
57. Дэвид К. Уайтмен, Эрик Е. Станнард, Джо М. Дэйкин. – Сер. : «НДМ-4. Развитие и управление дорогами» / Пер. с англ. – М., 2004. – 177 с.
58. Егоров, Л.А. Прогнозирование ресурсов до капитального ремонта агрегатов автомобиля с помощью временных рядов / Л.А. Егоров, В.С. Лукинский, В.Н. Черепанов // Надежность и контроль качества. – 1976. – №7. – С. 15–22.
59. Завадский, Ю.В. Статистическая обработка эксперимента / Ю.В. Завадский. – М. : Высшая школа, 1976. – 270 с.

60. Завалко, Л.Г. Приборное обеспечение системы управления расходом топлива в автотранспортных предприятиях: дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук / Л.Г. Завалко –М. : МАДИ, 1989. 192 с.
61. Зазиев А.А. Использование внутренних резервов технической службы АТП для обеспечения работы автобусов на линии в условиях рыночных отношений / А.А. Зазиев, В.А. Максимов, В.Б. Зотов // Автомобильный транспорт. – Информатвотранс. – Вып. 2. – М., 1994. – 46 с.
62. Зорин, В.А. Надежность машин : учебник для вузов / В.А. Зорин, В.С. Бочаров. – Орел : ОрелГТУ, 2003. – 549 с.
63. Зотов, В.Б. Методы повышения эффективности технической эксплуатации городских автобусов : дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – М., 1994. – 183 с.
64. Иголкин, А.Н. Определение ресурса городских автобусов: дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук.– Владимир, 2010. – 165 с.
65. Иванов, А. М. Технические пути повышения конструктивной эффективности грузовых автотранспортных средств: дисс. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук.– М., 1995. – 533 с.
66. Иванов, Б.С. Управление техническим обслуживанием машин / Б.С. Иванов. – М. : Машиностроение, 1978. 160 с.
67. Иванова, В.М. Математическая статистика / В.М. Иванова – М. : Высшая школа, 1981. – 371 с.
68. Индикт, Е.А. Эксплуатационная надежность грузовых автомобилей / Е.А. Индикт, В.А. Черняйкин. – М. : НИИНАвтопром, 1977. – 93 с.
69. Исмаилов, Р.И. Инновационная деятельность на уровне автобусного автотранспортного предприятия (теория, практика, реализация) : монография / Р.И. Исмаилов. – М. : МАДИ (ГТУ), 2007. – 459 с.
70. Исполатов, Б.Ю. Разработка методики нормирования маршрутного расхода топлива автобусов / Б.Ю. Исполатов : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – М. : МГИУ, 2005. – 176 с.

71. Калашников, В.В. Моделирование и анализ систем на базе агрегативного подхода Н.П.Бусленко. В кн. : «Философско-методологические основания системных исследований» / В.В. Калашников. – М. : Наука, 1983. С. 240–248.
72. Калинин, В.Н. Математическая статистика / В.Н. Калинин, В.Ф. Панин. – М. : Высшая школа, 1994. – 335 с.
73. Калихман, И.Л. Динамическое программирование в примерах и задачах / И.Л. Калихман, М.А. Войтенко. – М. : Высшая школа, 1979. – 125 с.
74. Канарчук, В.С. Основы надежности машин / В.С. Канарчук. – Киев : Наукова думка, 1982. – 245 с.
75. Каплун, Г.П. К экономической оценке уровня надежности машин / Г.П. Каплун // Труды Новосибирского ин-та ж.-д. транспорта. Механика деформируемого тела и расчет сооружений. – Новосибирск, 1970. Вып. 96. – С. 63–76.
76. Карась, Ю. В. Транспортные потоки и безопасность движения на автомобильных дорогах / Ю. В. Карась. – Казань : КХТИ им. С.М.Кирова, 1987. – 185 с.
77. Карев, Б.Н. Методы расчета безопасных расстояний при попутном движении транспортных средств : монография / Б.Н. Карев, Б.А. Сидоров, П.М. Недоростов. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2005. – 315 с.
78. Карев, Б.Н. Повышение безопасности эксплуатации автомобильного транспорта на основе математического моделирования : монография / Б.Н. Карев, Б.А. Сидоров. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2010. – 506 с.
79. Карпов, Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с Anylogic / Ю.Г. Карпов. – СПб : БХВ-Петербург, 2005. – 415 с.
80. Кафтанюк, Ю.А. Вычислительная техника на автомобильном транспорте / Ю.А. Кафтанюк. – М.: Транспорт, 1985. – 183 с.
81. Клейнер, Б.С. Автоматизирования систему управления на автотранспорте / Б.С. Клейнер. – М. : МАДИ, 1974. – 88 с.



82. Клейнер, Б.С. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / Б.С. Клейнер, В.В. Тарасов. – М. : Транспорт, 1986. – 237 с.
83. Клячко, С.Д. Аффинное подобие в теории неоднородных анизотропных упругих, упругопластических и упруговязких пластин и оболочек / С.Д. Клячко // Труды Новосибирского ин-та ж.-д. транспорта. Механика деформируемого тела и расчет сооружений. – Новосибирск, 1970. Вып. 96. – С. 63–32.
84. Кобзев В.В. Об оценке надежности технологических процессов / В.В. Кобзев, М.М. Дарминова // Надежность и контроль качества, 1978, №8. – С.26 – 32.
85. Ковалев, Р.Н. Экономика и управление пассажирскими перевозками на автомобильном транспорте : монография / Р.Н. Ковалев, С.Н. Боярский. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2015. – 137 с.
86. Колегаев, Р.Н. Экономическая оценка долговечности машин / Р.Н. Колегаев // Стандарты и качество. – 1976. – №8. – С.24–26.
87. Колешаев, В.А. Теория вероятностей и математическая статистика / В.А. Колешаев. – М. : Высшая школа, 1991. – 400 с.
88. Конин, И.В. Разработка метода оценки сложности автобусных маршрутов : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук / И.В. Конин М.: МАДИ, 1993. – 232 с.
89. Корсаков, В.В. Методика исследования и средства снижения вибронагруженности большегрузных АТС / В.В. Корсаков, М.И. Горбацевич, А.М. Маринич // Автомобильная промышленность. – 2000 – №4. – С. 27–29.
90. Кубарев, А.И. Надежность в машиностроении / А.И. Курбаев. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 224 с.
91. Кугель, Р.В. Испытания на надежность машин и их элементов / Р.В. Кугель. – М. : Машиностроение, 1982. – 181 с.
92. Кугель, Р.В. Планирование и обеспечение показателей надежности промышленных тракторов / Р.В. Кугель, С.Н. Николаевич. – М. : ОНТИ НАТИ, 1975. – 57 с.

93. Кугель, Р.В. Предельные состояния машин и их элементов / Р.В. Кугель // Вестник машиностроения. – 1976. – №4. – С. 3–9.
94. Кузнецов, Е.С. Основные направления совершенствования технического обслуживания и ремонта подвижного состава автомобильного транспорта // Техническое обслуживание и ремонт автомобилей : обзорная информация / ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1979 ; Вып. 1. – 53 с.
95. Кузнецов, Е.С. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей в условиях научно-технического прогресса и нового хозяйственного механизма // Автомобильный транспорт. Передовой производственный опыт и научно-технические достижения, рекомендуемые для внедрения на автомобильном транспорте / ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР ; Вып. 19. – М., 1989. – 47 с.
96. Ларин, О.Н. Организация пассажирских перевозок : учебное пособие / О.Н. Ларин. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 104 с.
97. Лосицкий, О.Г. Система обеспечения надежности технических устройств / О.Г. Лосицкий, В.Н. Фомин // Надежность и контроль качества. – 1975. – №9. – С. 3–9.
98. Лукинский, В.С. Логистика и управление цепями поставок / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Н.Г. Плетнева. – М. : Изд-во Юрайт, 2016. – 359 с.
99. Лукинский, В.С. Прогнозирование надежности автомобилей / В.С. Лукинский, В.И. Зайцев. – Л. : Политехника, 1991. 224 с.
100. Магамедов, В.К. Прогнозирование и систематизация отказов прицепных звеньев магистральных автопоездов в горных условиях : дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – Махачкала, 2012. – 175 с.
101. Максимов, В.А. Внутренние резервы повышения эффективности использования городских автобусов средствами инженерно-технической службы. – М., 1997. – 37 с.
102. Максимов, В. А. Влияние показателей надежности на эффективность ТЭА // Методические указания / МАДИ. – М., 1990. – С. 20.

103. Максимов, В. А. Научные основы повышение эффективности использования городских автобусов средствами инженерно-технической службы : дисс. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. – М., 2000. – 362 с.
104. Максимов, В.А. Техническая эксплуатация городских автобусов (особенности организации и управления) : учебное пособие. / В.А. Максимов, В.И. Сарбаев, А.А. Хазиев. – М. : МГИУ, 2002.-112 с.
105. Методические рекомендации нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте, утв. распоряжением Минтранса России №АМ-23-р от 14.03.2008.
106. Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования. утв. распоряжением Минтранса РФ № НА-37-р от 18.04.2013.
107. Михлин, В.М. Прогнозирование технического состояния машин / В.М. Михлин. – М. : Колос, 1976. – 288 с.
108. МР 248–87. Надежность в технике. Методы оценивания точности результатов испытаний машин : методические рекомендации. – М. : ВНИИНМАШ, 1987. – 66 с.
109. МР 41–82. Надежность в технике. Методы оценки надежности технических систем с учетом внешних и внутренних отказов : методические рекомендации. – М. : ВНИИНМАШ, 1982. – 40 с.
110. Нейлор, Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем / Т. Нейлор. – М. : «Мир», 1975. – 504 с.
111. Носиков, И.Е. Эксплуатационные испытания – новая возможность для оценки качества АТС / И.Е. Носиков. – М. : Автомобильная промышленность, 2004. – С. 31–33.
112. Овчаров, Л.А. Прикладные задачи теории массового обслуживания / Л.А. Овчаров. – М. : Машиностроение, 1969. – 324 с.

113. ОНТП-01–91. РД 3107938-0176–91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта (утв. протоколом концерна «Росавтотранс» от 07.08.1991 № 3).
114. Оре, О. Теория графов / О. Оре. – М. : Наука, 1980. – 2016 с.
115. Основные положения по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения (Утверждены постановлением Совета Министров от 23 октября 1993 г. № 1090).
116. Острейковский, В.А. Многофакторные испытания на надежность / В.А. Острейковский. – М. : Энергия, 1978. – 152 с.
117. Островцев, А.Н. Основные принципы построения общей теории надежности / А. Н. Островцев // Автомобильная промышленность. – 1971. – №11. – С. 18–22.
118. Падня, В.А. Применение теории массового обслуживания на транспорте / В.А. Падня. – М. : Транспорт, 1978. – 176 с.
119. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. – М. : Транспорт. 1986. – 72 с.
120. Постолиит, А.В. Совершенствование информационного обеспечения технической эксплуатации автомобилей : автореф. дисс. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. – М., 1998. – 31 с.
121. РД 3112199-1085–02. Временные нормы эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств, утв. Минтрансом РФ от 04.04.2002
122. Рабинович, А.Ш. Техничко-экономический критерий и оптимизация ресурсов машин / А.Ш. Рабинович, А.А. Шаровский // Надежность и контроль качества. – 1977. – №7. – С.10–17.
123. Рабочая книга по прогнозированию / Редкол. : И.В. Бестужев-Лада (отв. редак.). – М. : Мысль, 1982. – 430 с.
124. Рузавин, Г.И. Методология научного исследования : учеб. пособие для вузов / Г.И. Рузавин. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. – 317 с.

125. Самойлов, Д.С. Городской транспорт / Д.С. Самойлов.– М. : Стройиздат, 1983. – 384 с.
126. Самосейко, В.Ф. Оценивание по неполностью определенным выборкам / В.Ф. Самосейко, Ю.А. Светликов // Статистические методы обработки малого числа наблюдений при контроле качества и надежности машин и приборов : сб. статей // Л. : ЛДНТП, 1976. – С. 17–26.
127. Седов, Л.И. Методы подобия и размерностей в механике / Л.И. Седов. – М. : Наука, 1987. – 430 с.
128. Семенов, В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса / В.В. Семенов. – М. : Ин-т прикладной математики им. М.В. Келдыша, 2004. – 44 с.
129. Семенов, В.В. Математическое моделирование транспортного потока на нерегулируемом пересечении / В.В. Семенов. – М. : Ин-т прикладной математики им. М.В. Келдыша, 2004. – 44 с.
130. Семенов, В.В. Смена парадигмы в теории транспортных потоков / В.В. Семенов. – М., 2006. – 32 с.
131. Сигаев, А.В. Автотранспорт в планировке городов / А.В. Сигаев. – М. : Стройиздат, 1972. – 224 с.
132. Сигаев, А.В. Планировочные и транспортные проблемы городских агломераций / А.В. Сигаев. – М. : Стройиздат, 1978. – 152 с.
133. Социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом, утв. распоряжением Минтранса России от 31.01.2017 № НА-19-р.
134. Сравнение надежности продукции с аналогами : методика / М. : Изд-во стандартов, 1980. – 18 с.
135. Степанов, А.С. Анализ технического состояния подвижного состава / А. С. Степанов, С.А. Черницын, Р.Н. Ковалев // Автотранспортное предприятие. – 2015. – №4. – С. 37–40.

136. Степанов, А.С. Информационные и интеллектуальные системы на транспорте / А.С. Степанов, Р.Н. Ковалев // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : м-лы XI Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». – Екатеринбург : УГЛТУ. – 2015. – Ч. 2. – С. 336–338.

137. Степанов, А.С. Исследование эффективности муниципальных автобусных маршрутов (на примере Екатеринбурга) / Ковалев Р.Н., Степанов А.С., Черницын С.А. // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13913>. Дата обращения 25.04.2018.

138. Степанов, А.С. К вопросу о критерии эффективности функционирования подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта в условиях движения в плотных транспортных потоках больших городов / Ковалев Р.Н., Степанов А.С., Боярский С.Н // Инновационный транспорт. – 2016 – № 4 (22) – С. 70-72.

139. Степанов, А.С. Логистический анализ эффективности эксплуатации транспортных средств ЕМУП МОАП Екатеринбурга / А.С. Степанов, Р.Н. Ковалев // Экология и научно-технический прогресс. Урбанистика. – 2013. – №2. – С. 401–409.

140. Степанов, А.С. Обзор методик мониторинга пассажиропотоков на автомобильном транспорте / А. С. Степанов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : м-лы X Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». – Екатеринбург : УГЛТУ, 2014. – Ч. 1. – С. 393–395.

141. Степанов, А.С. Пассажирский транспорт будущего / А.С. Степанов, С.А. Черницын, Р.Н. Ковалев // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : м-лы XI Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». – Екатеринбург : УГЛТУ. – 2015. – Ч. 2. – С. 338–340.

142. Степанов, А.С. Повышение эффективности эксплуатации транспортных средств путем прогнозирования потребности в запасных частях / Р.Н. Ковалев, А.С. Степанов, С.А. Черницын // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 6-7. – С. 1361–1364.

143. Степанов, А.С. Преимущества и недостатки использования общественного транспорта на природном газе / А. С. Степанов, С. А. Черницын // *Лесотехнические университеты в реализации концепции возрождения инженерного образования: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса* : м-лы X Междунар. науч.-техн. конференции. – Екатеринбург, 2015. – С. 313–316.

144. Степанов, А.С. Прогнозирование отказов подсистем автомобильного пассажирского транспорта / А.С. Степанов // *Транспортные и транспортно-технологические системы* : м-лы Международн. научн.-техн. конф. – 2016. – С. 287–292.

145. Степанов, А.С. Пути развития пассажирского транспорта общего пользования в Екатеринбурге / А. С. Степанов // *Научное творчество молодежи – лесному комплексу России* : м-лы X Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов и конкурса по программе «Умник». – Екатеринбург : УГЛТУ, 2014. – Ч. 1. – С. 391–393.

146. Степанов, А.С. Разработка алгоритма прогнозирования отказов подсистем автомобильного пассажирского транспорта / Степанов А.С. // *Вестник УрГУПС*. – 2016. – №1 (29). – С. 132–140.

147. Степанов, А.С., Логистический анализ эффективности эксплуатации транспортных средств АП-3 МОАП Екатеринбурга / А.С. Степанов, Р.Н. Ковалев // *Научное творчество молодежи – лесному комплексу России* : м-лы IX Всерос. науч.-техн. конф.– Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2013. – Ч. 2. – С. 308–310.

148. Суханов, Б.Н. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: пособие по курсовому проектированию / Б.Н. Суханов, И.О. Борзых, Ю.Ф. Бедарев. – М. : Транспорт, 1985. – 224 с.

149. Таха, Х. Введение в исследование операций : в 2-х кн. / Пер. с англ. / Х. Таха. – М. : Мир, 1985. – 479 с.
150. Теория прогнозирования и принятия решений / под ред. С.А. Саркисяна // М. : Высшая школа, 1977. – 351 с.
151. Фаянс, О.Г. Математические методы в управлении городскими транспортными системами / О.Г. Фаянс. – Л. : Наука, 1979. – 152 с.
152. Хазов, Б.Ф. Оценка надежности узлов строительных и дорожных машин при проектировании / Б.Ф. Хазов, Э.И. Петруня. – М. : ЦНИИТЭИстроймаш. – Сер. 2–3 : Строительные машины ; Вып. 1. 1980. – 56 с.
153. Халфин, М.А. Прогнозирование трудоемкости ремонта машин на этапе проектирования / М.А. Халфин // Надежность и контроль качества. – 1974. №4. – С. 32–40.
154. Халфин, М.А. Прогнозирование трудоемкости ремонта машин на этапе проектирования / М.А. Халфин // Надежность и контроль качества. – 1974. – №4. – С. 32–40.
155. Шварц, Г. Выборочный метод. Руководство по применению статистических методов оценивания / Г. Шварц, И. Г. Венецкий, В. М. Иванова. – М. : Статистика, 1978. – 213 с.
156. Шейнин, А.М. Основные принципы управления надежностью машин в эксплуатации / А.М. Шейнин. – М. : Знание, 1977 ; Вып. 1. – 59 с. ; Вып. 2. – 44 с.
157. Шейнина, О.Н. Влияние рассеивания ресурсов деталей на безотказность агрегата / О.Н. Шейнина, В.А. Ильинский // Труды НАТИ ; Вып. 232: Общие вопросы надежности тракторных конструкций. М. : ОНТИ НАТИ, 1974. С. 11–19.
158. Экономика пассажирского транспорта : учебное пособие / под общ. ред. В.А. Персианова. – М. : КНОРУС, 2012. – 400 с.



Приложение А  
(информационное)

Результаты моделирования работы подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта марки НЕФАЗ-5299-20-32

Таблица А.1 – Общий пробег ПС АПТ в целом по АТП

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	9 768 600	9 841 500	9 941 400	9 811 800	9 776 700
25 000	9 814 500	9 792 900	9 855 000	9 855 000	9 814 500
35 000	9 620 100	9 693 000	9 699 750	9 861 750	9 828 000
45 000	9 840 600	9 819 000	9 972 000	9 954 000	9 985 500

Таблица А.2 – Суммарное количество отказов подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	3 942	3 672	4 806	4 320	4 590
25 000	4 158	3 942	4 536	5 400	5 292
35 000	5 130	4 860	5 265	5 940	5 940
45 000	5 886	5 670	6 120	6 480	6 030

Диаграмма отказов в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

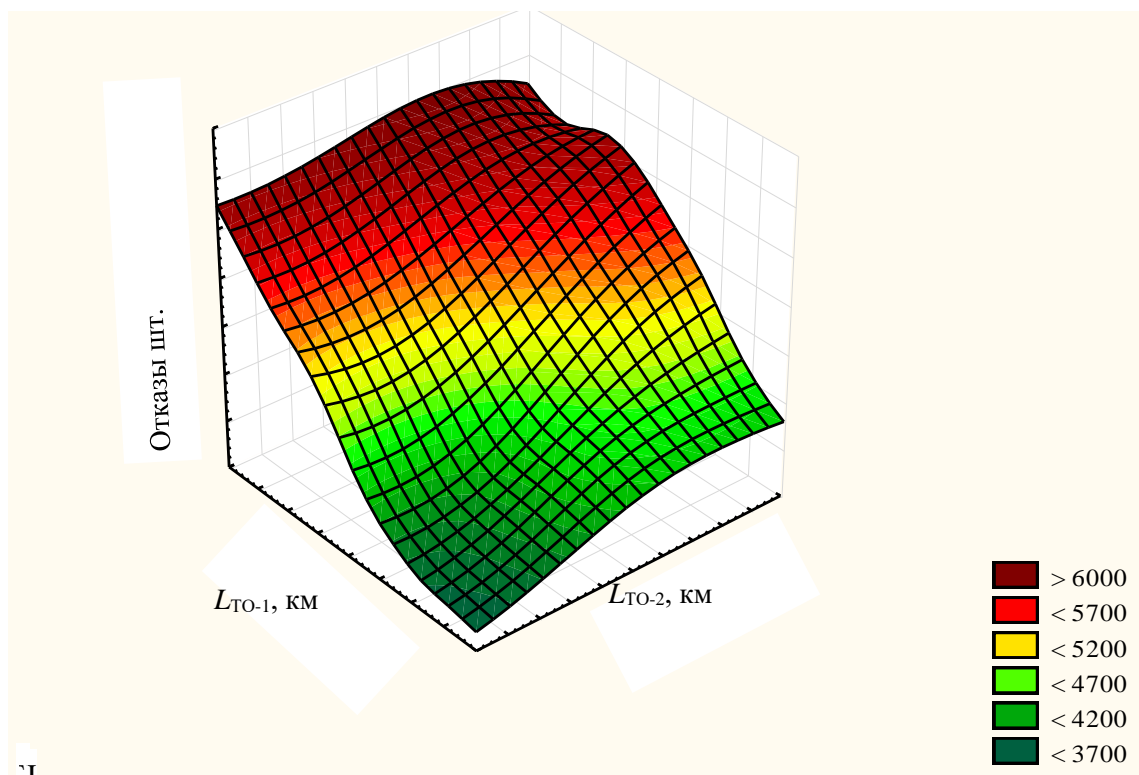


Рисунок А.1 – Диаграмма отказов в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Таблица А.3 – Относительное количество отказов на 1000 км пробега

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	2 713	2 331	2 444	2 301	2 646
25 000	2 554	2 377	2 504	2 368	2 533
35 000	3 177	2 969	2 556	3 243	3 249
45 000	3 452	3 278	2 995	3 342	3 067

Диаграмма поверхности относительных отказов в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

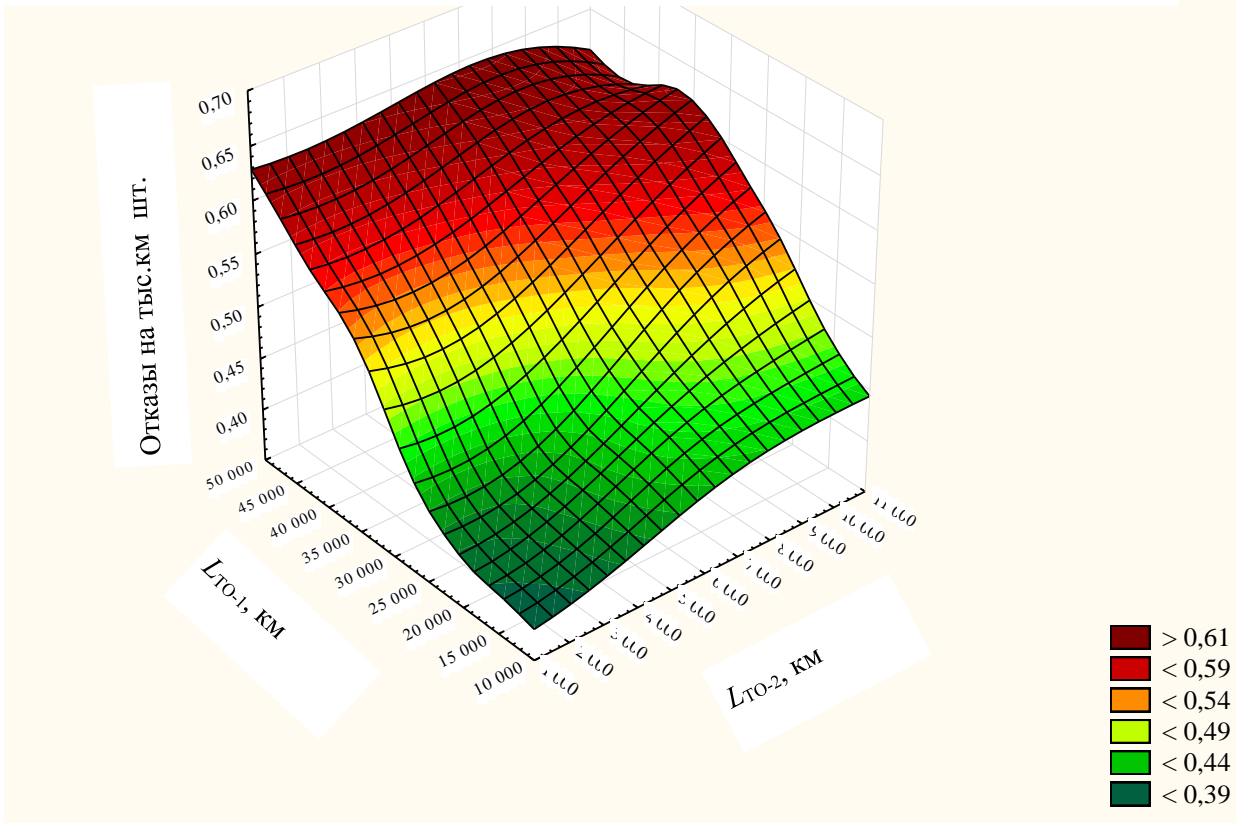


Рисунок А.2 – Диаграмма поверхности относительных отказов в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Таблица А.4 – Валовая выручка без учета потерь, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	410 400 000	413 100 000	417 420 000	412 020 000	410 400 000
25 000	412 209 000	411 301 800	413 910 000	413 910 054	412 209 000
35 000	405 000 000	407 700 000	407 700 000	414 450 000	413 100 000
45 000	413 107 200	412 200 000	418 500 000	418 500 000	419 400 000

Диаграмма зависимости потенциальной выручки от пробега до ТО-1 и ТО-2

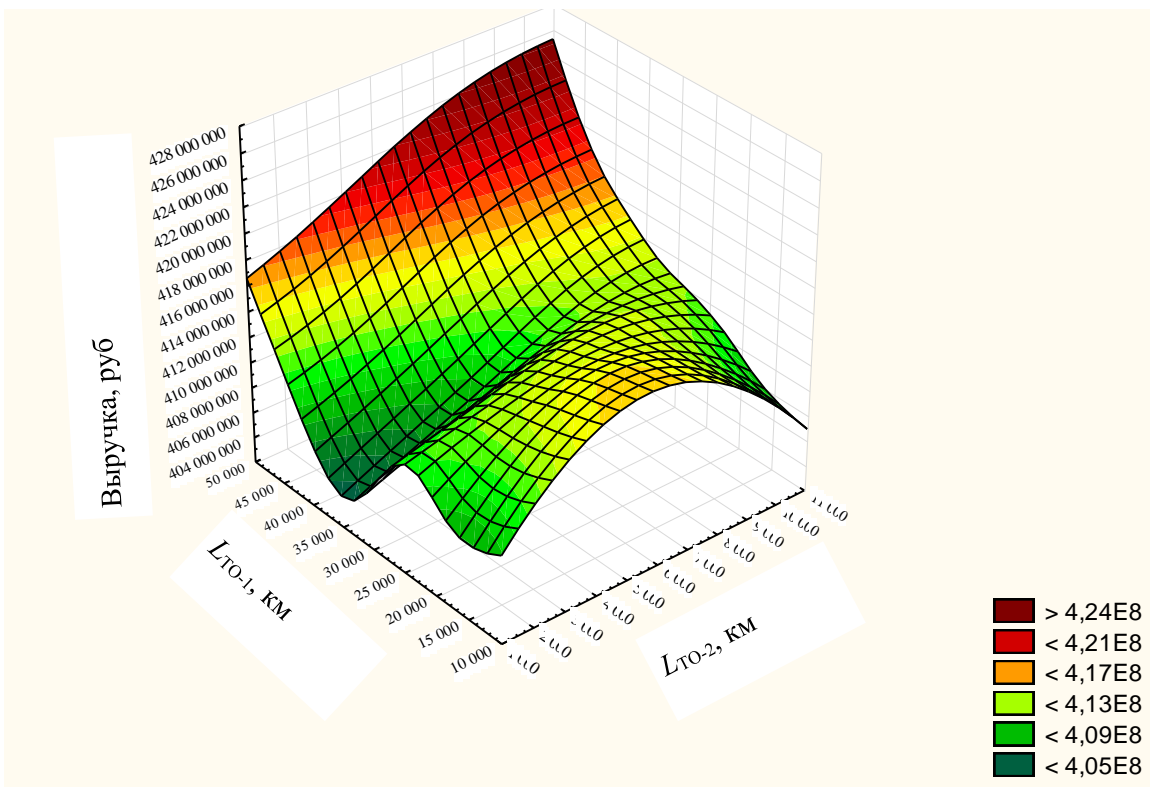


Рисунок А.3 – Диаграмма зависимости потенциальной выручки от пробега до ТО-1 и ТО-2

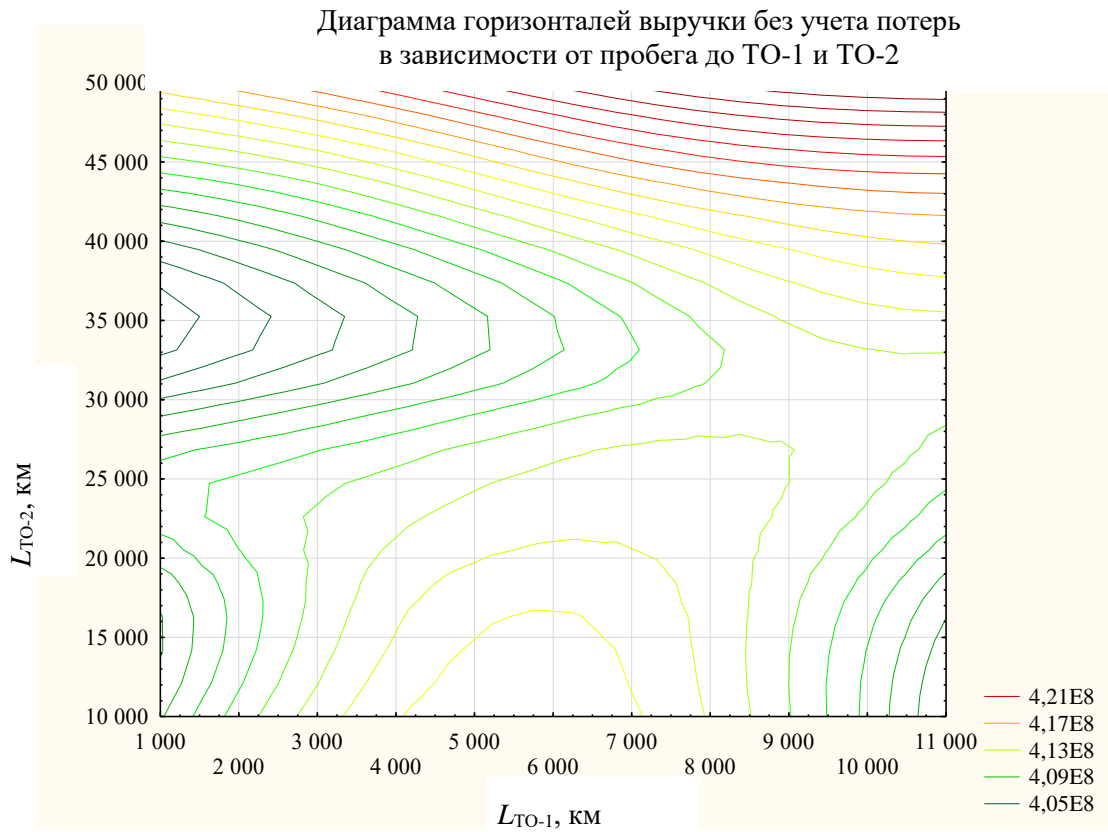


Рисунок А.4 – Диаграмма горизонталей выручки без учета потерь  
в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Таблица А.5 – Потери, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	5 417 928	5 255 350	6 473 844	6 359 634	6 419 142
25 000	5 624 046	5 386 311	6 869 718	7 775 676	7 496 280
35 000	7 023 359	6 860 781	7 567 695	8 429 022	8 475 530
45 000	8 353 602	8 115 867	8 321 121	9 141 480	8 807 283

Диаграмма зависимости потерь от пробегов до ТО-1 и ТО-2

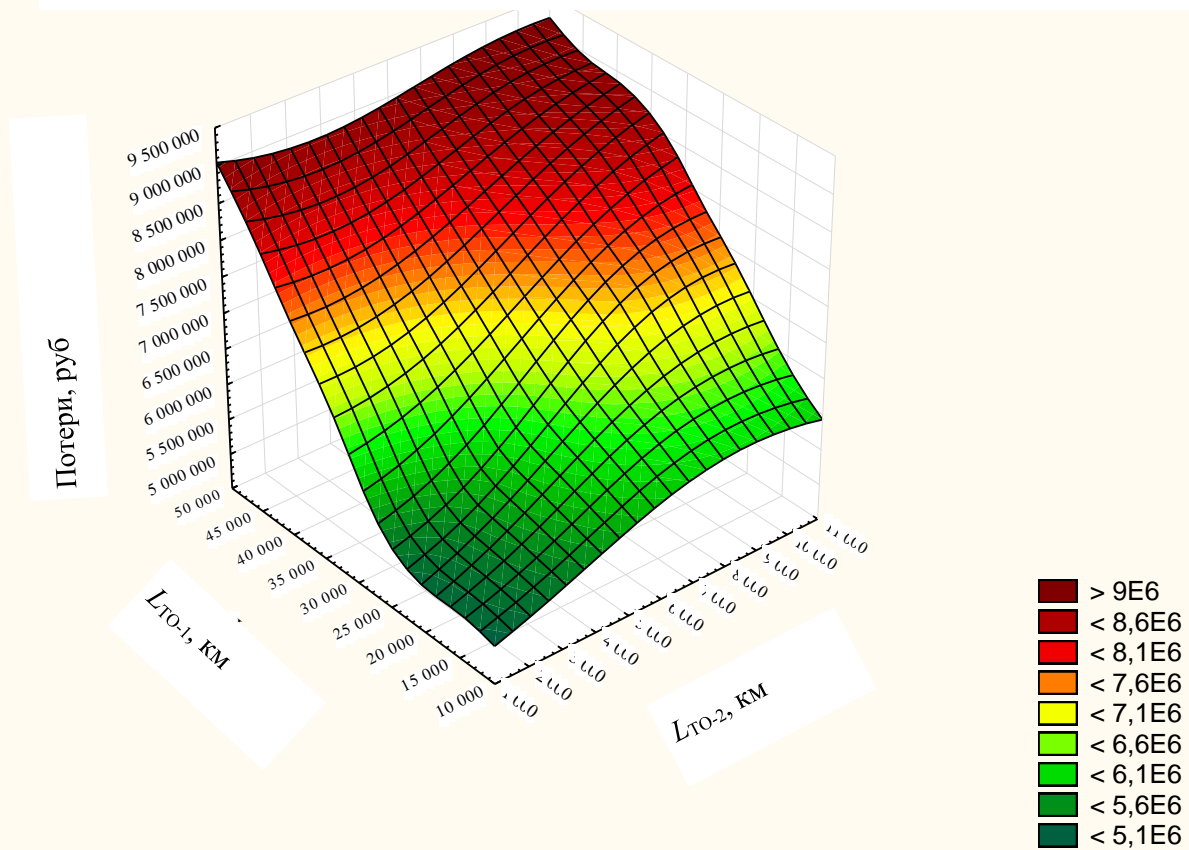


Рисунок А.5 – Диаграмма зависимости потерь от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Диаграмма горизонталей зависимости потерь от пробегов до ТО-1 и ТО-2

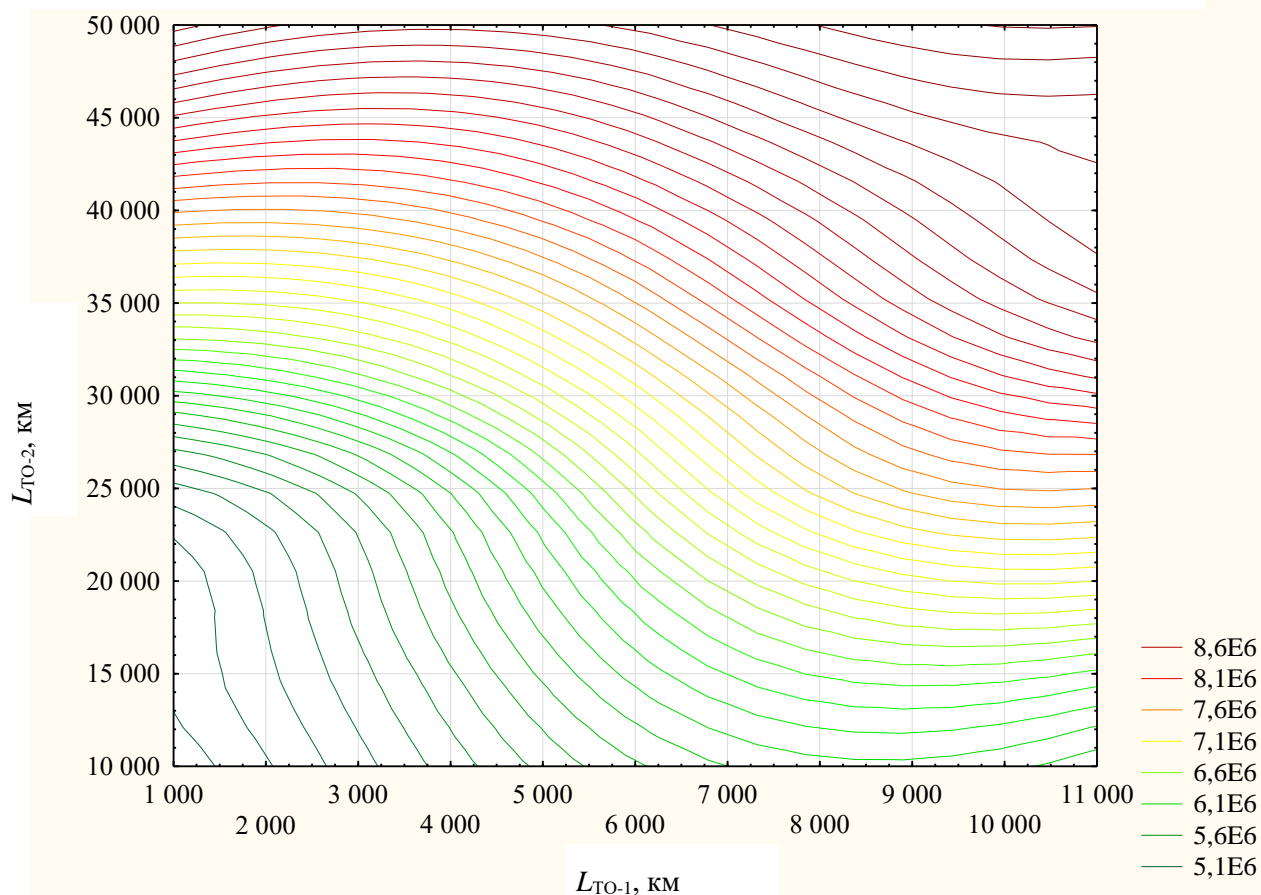


Рисунок А.6 – Диаграмма горизонталей зависимости потерь от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Таблица А.6 – Выручка предприятия с учетом потерь, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	404 982 072	407 844 650	410 946 156	405 660 366	403 980 858
25 000	406 584 954	405 915 489	407 040 282	406 134 378	404 712 720
35 000	397 976 641	400 839 219	400 132 305	406 020 978	404 624 471
45 000	404 753 598	404 084 133	410 178 879	409 358 520	410 592 717

Диаграмма поверхности выручки предприятия с учетом потерь

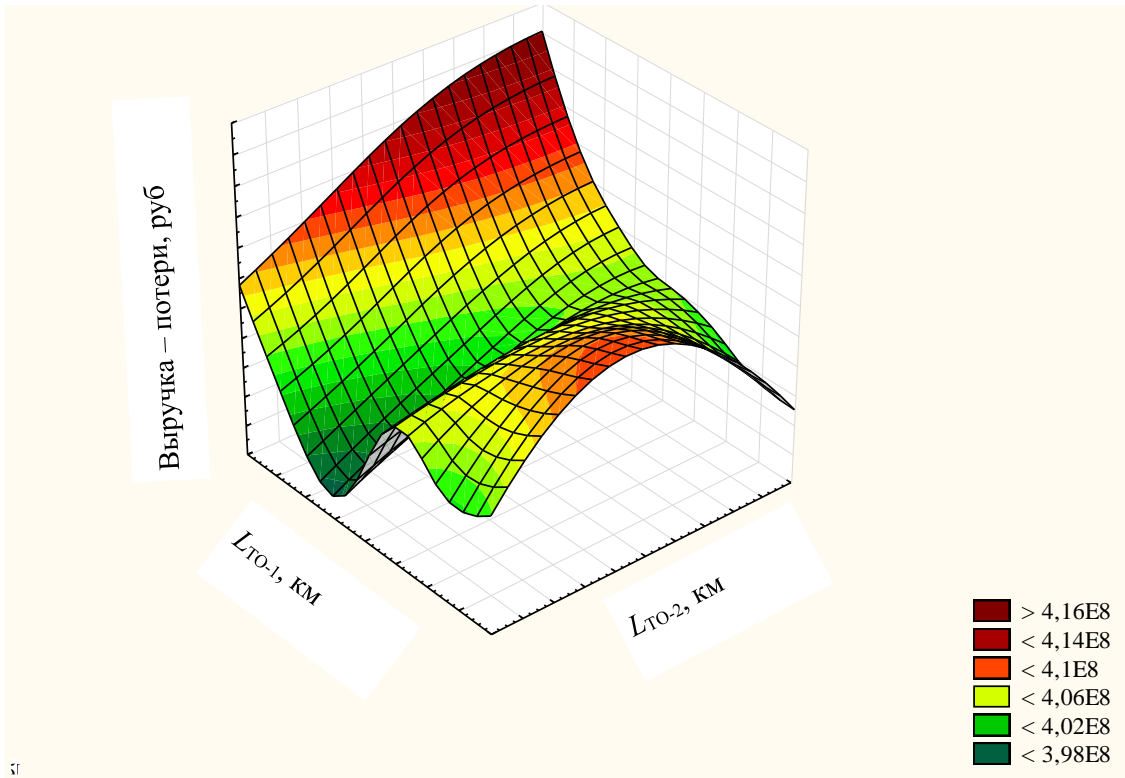


Рисунок А.7 – Диаграмма поверхности выручки предприятия с учетом потерь

Диаграмма горизонталей выручки предприятия с учетом потерь

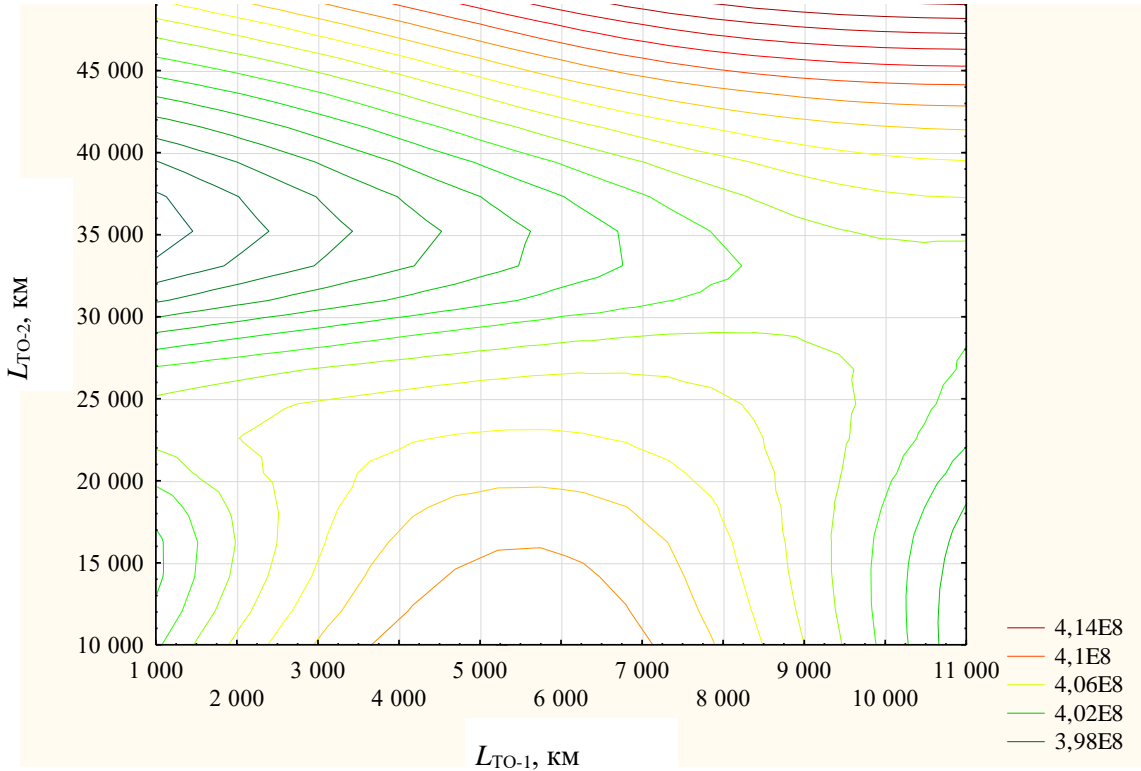


Рисунок А.8 – Диаграмма горизонталей выручки предприятия с учетом потерь



Таблица А.7 – Себестоимость перевозок, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	317 520 000	315 360 000	318 600 000	314 280 000	316 980 000
25 000	316 980 000	314 820 000	317 520 000	315 900 000	316 440 000
35 000	320 760 000	318 600 000	314 550 000	325 350 000	324 000 000
45 000	327 060 000	324 900 000	324 900 000	328 500 000	325 800 000

Диаграмма зависимости себестоимости перевозок от пробегов ТО-1 и ТО-2

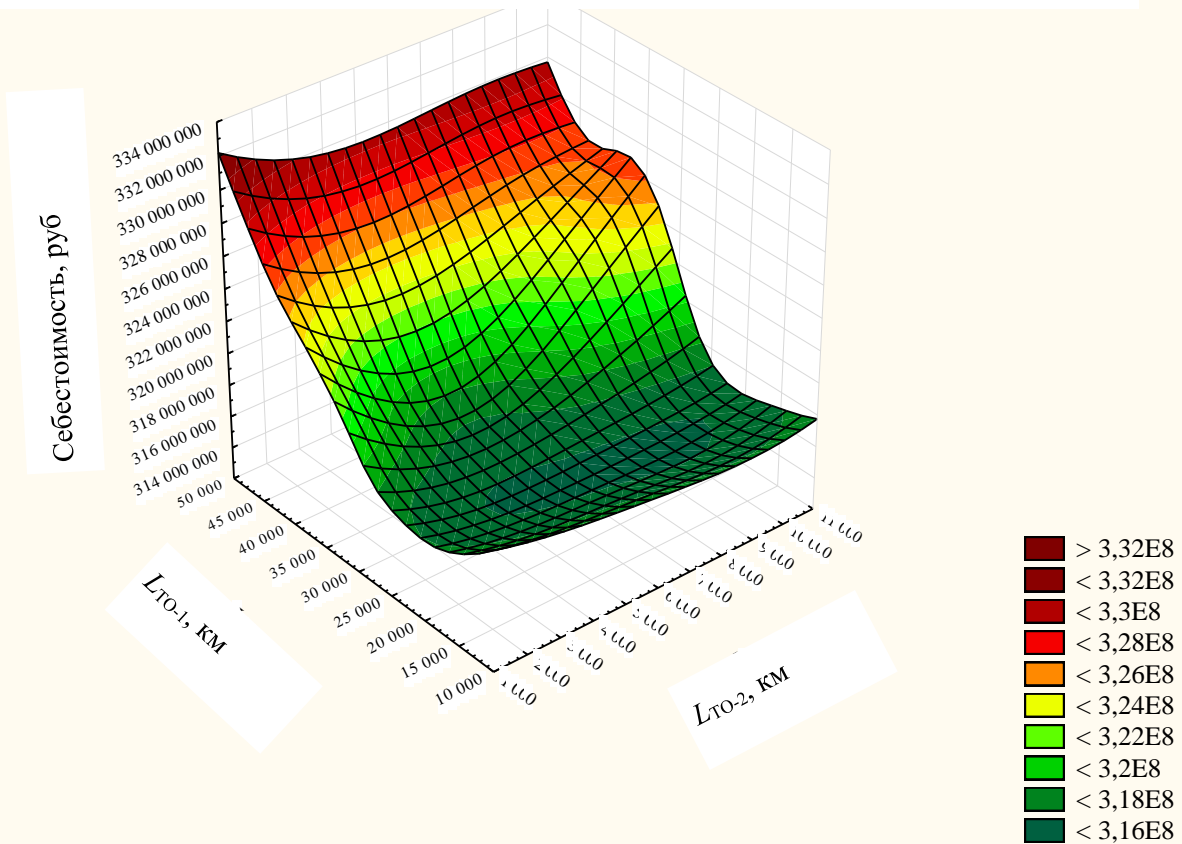


Рисунок А.9 – Диаграмма зависимости себестоимости перевозок от пробегов до ТО-1 и ТО-2

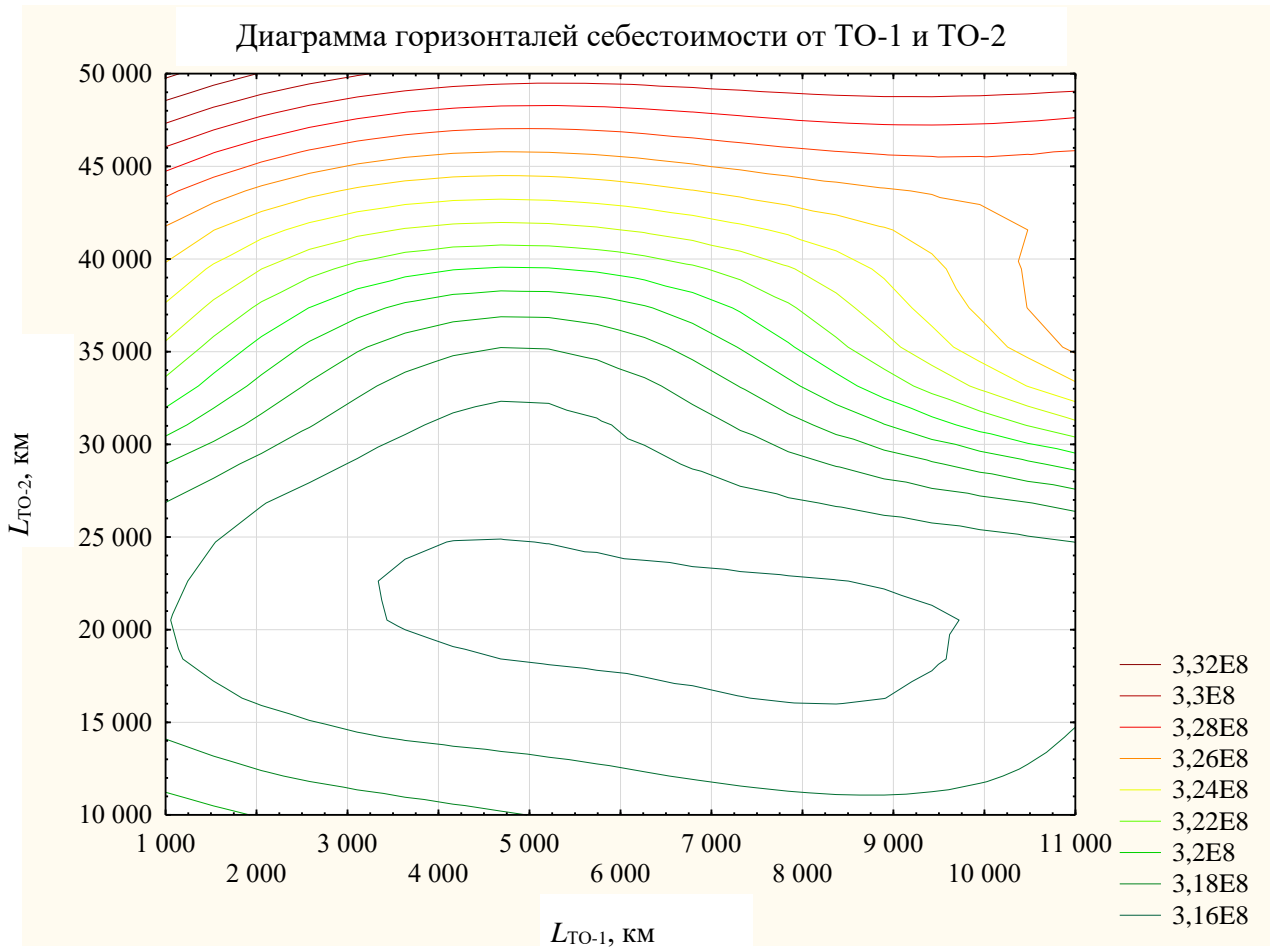


Рисунок А.10 – Диаграмма горизонталей себестоимости от ТО-1 и ТО-2

Таблица А.8 – Рентабельность перевозок АТП, %

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-2, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	27,55	29,33	28,98	29,08	27,45
25 000	28,27	28,94	28,19	28,56	27,90
35 000	24,07	25,81	27,21	24,80	24,88
45 000	23,76	24,37	26,25	24,61	26,03

Диаграмма зависимости рентабельности от пробега до ТО-1 и ТО-2

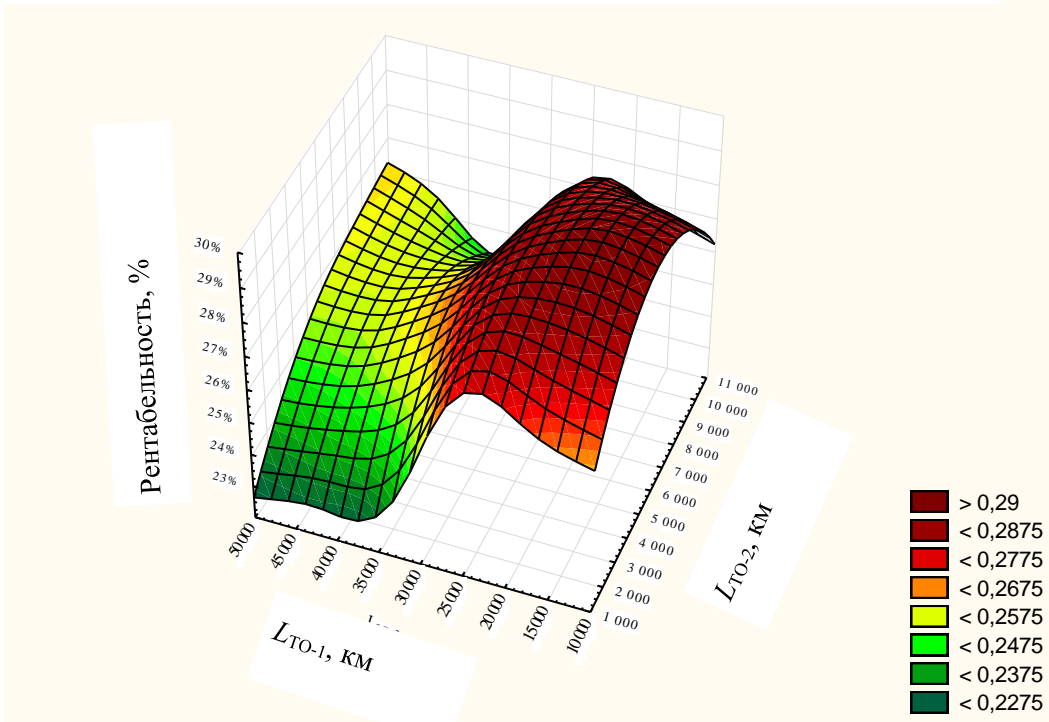


Рисунок А.11 – Диаграмма зависимости рентабельности от пробега до ТО-1 и ТО-2

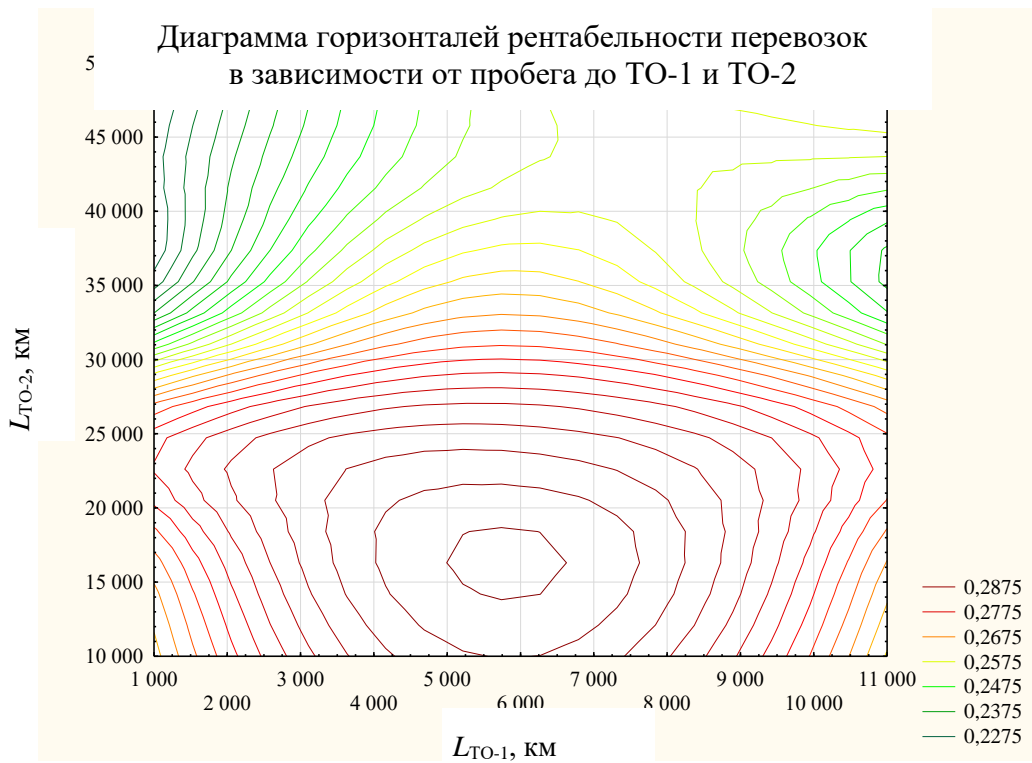


Рисунок А.12 – Диаграмма горизонталей рентабельности перевозок в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Диаграмма поверхности зависимости удельных затрат на ТО и Р от пробега до ТО-1 и ТО-2

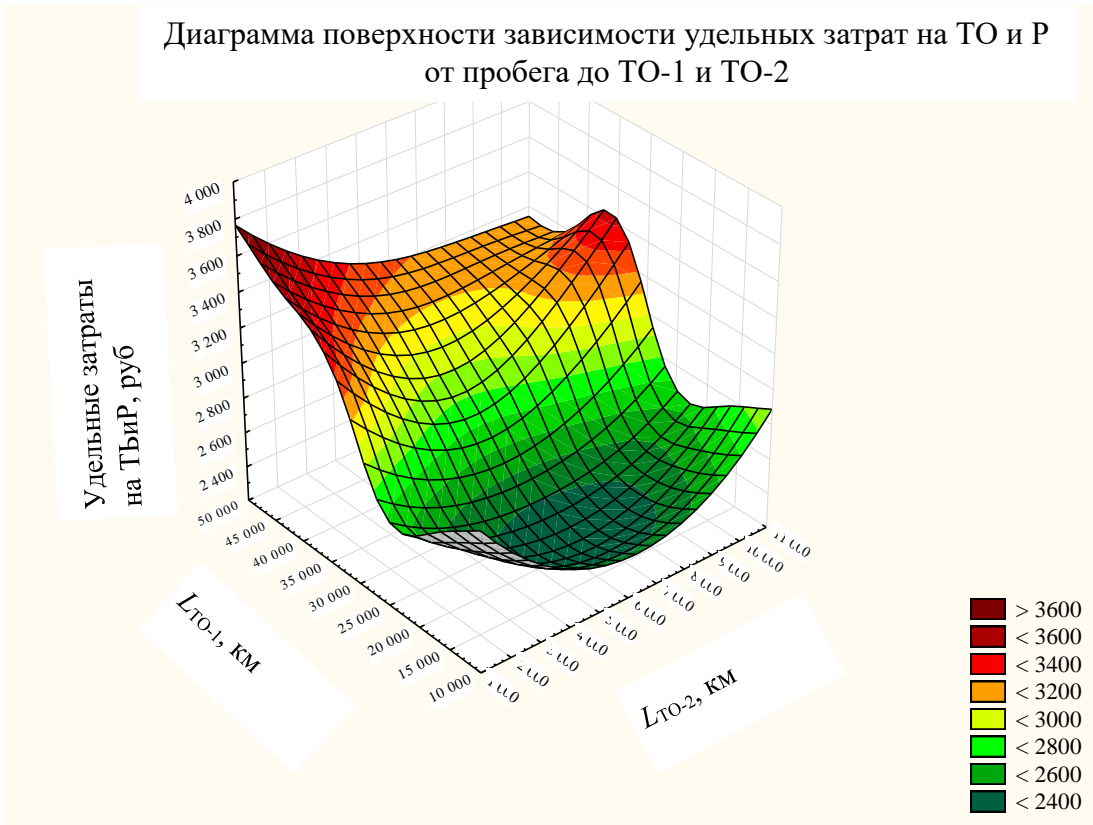


Рисунок А.13 – Диаграмма поверхности зависимости удельных затрат на ТО и Р от пробега до ТО-1 и ТО-2

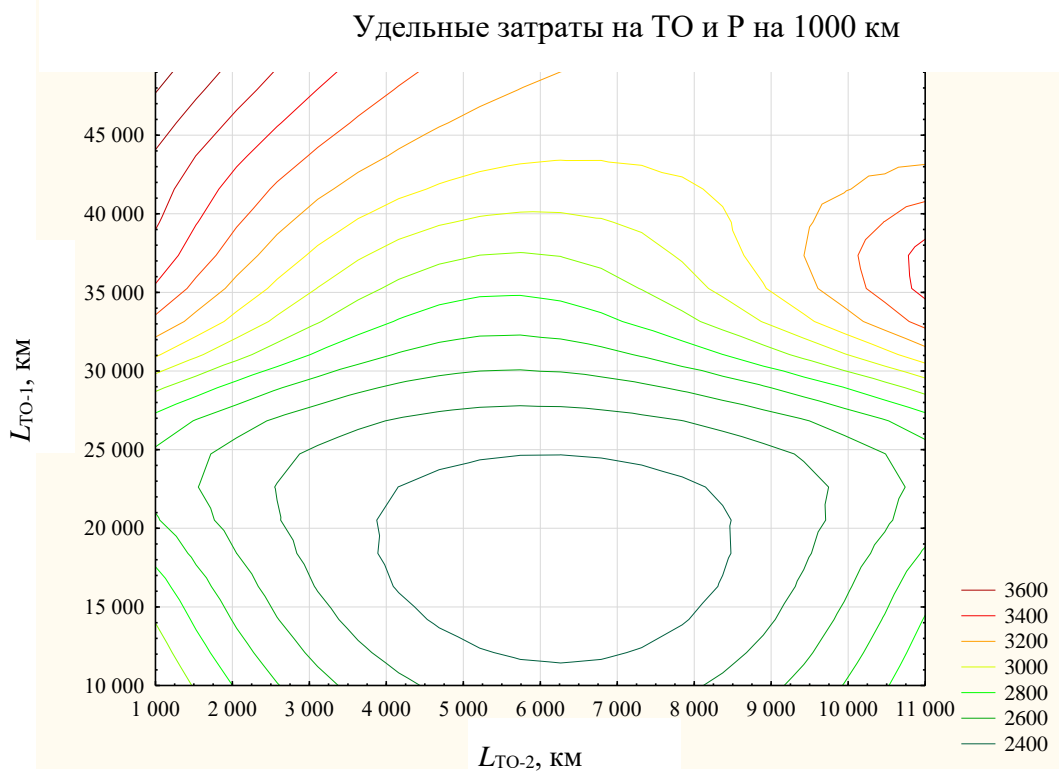


Рисунок А.14 – Удельные затраты на ТО и Р на 1000 км общего пробега

Таблица А.9 – Нарботка на отказ в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-2, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	2 477	2 679	2 068	2 271	2 130
25 000	2 360	2 484	2 172	1 825	1 854
35 000	1 875	1 994	1 842	1 660	1 654
45 000	1 672	1 731	1 629	1 536	1 656

Диаграмма зависимости наработки на отказ от пробегов до ТО-1 и ТО- 2

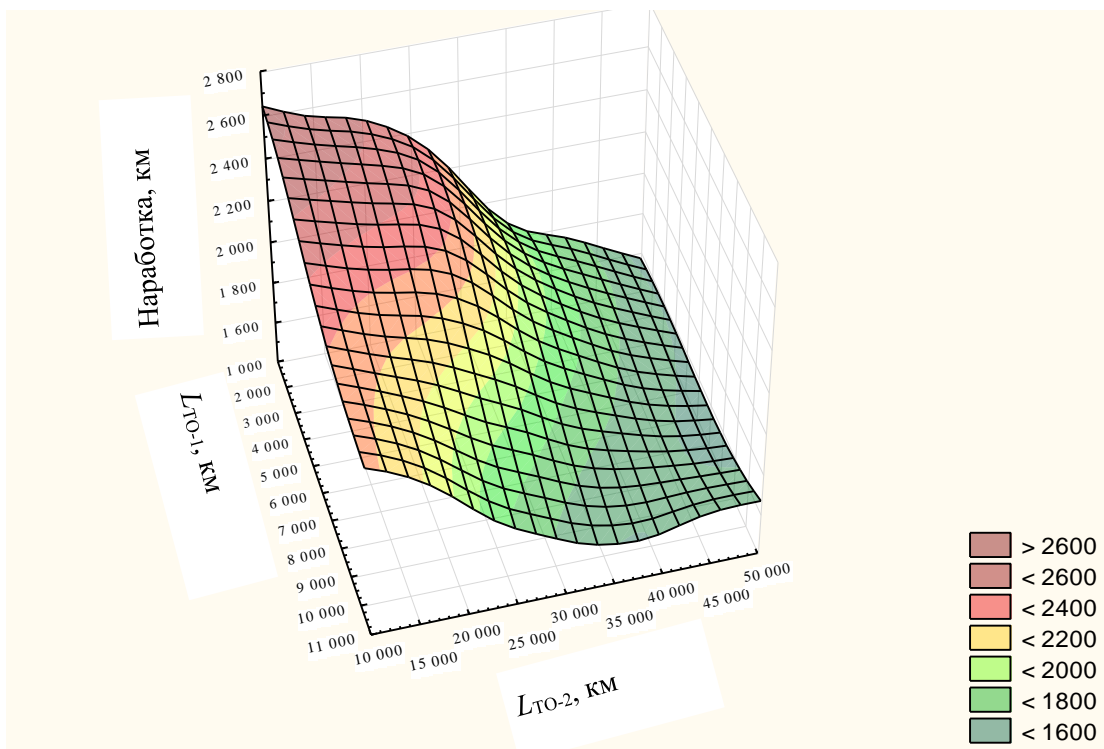


Рисунок А.15 – Диаграмма зависимости наработки на отказ от пробегов до ТО-1 и ТО- 2

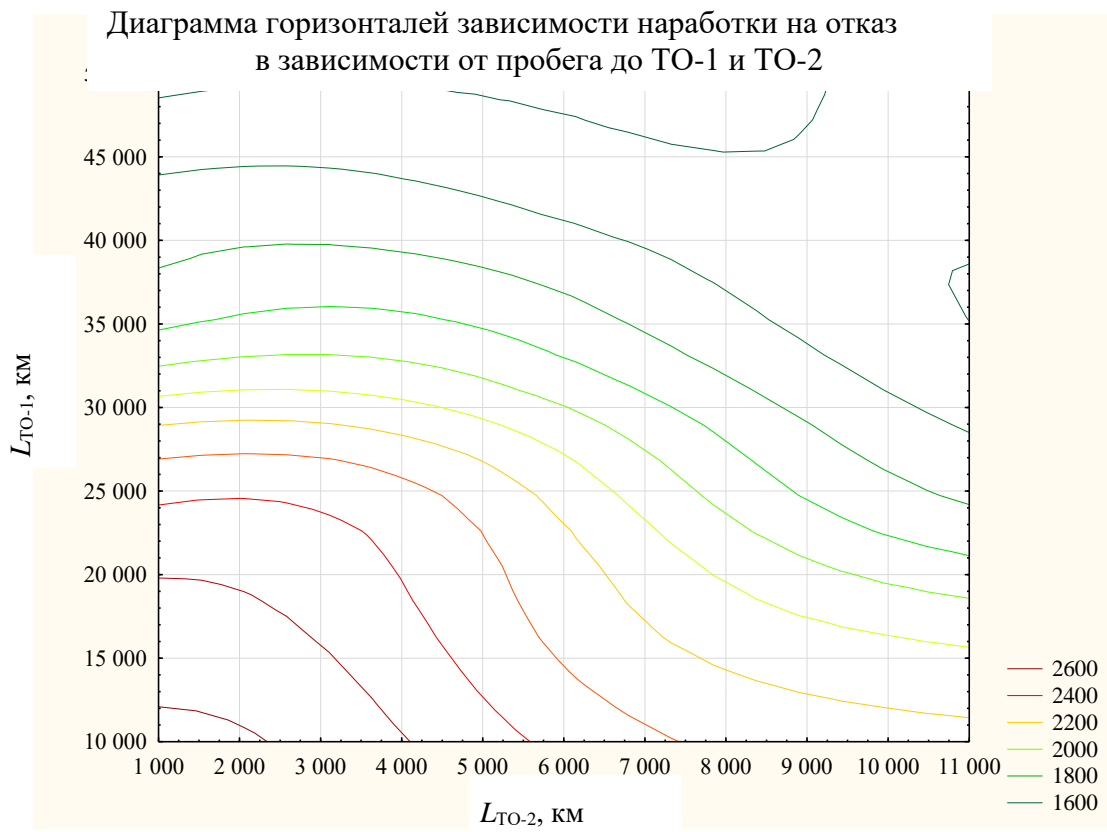


Рисунок А.16 – Диаграмма горизонталей зависимости наработки на отказ  
в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Приложение Б  
(информационное)

Результаты моделирования работы подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта марки НЕФАЗ-5299-20-22

Таблица Б.1 – Общий пробег подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта в целом по АТП

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	2 578 320	2 633 760	2 586 240	2 597 040	2 577 600
25 000	2 578 320	2 633 760	2 586 240	2 597 040	2 577 600
35 000	2 574 360	2 629 800	2 617 200	2 584 800	2 714 400
45 000	2 549 760	2 605 200	2 592 000	2 622 000	2 602 800

Таблица Б.2 – Суммарное количество отказов подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	1 382	1 656	1 829	1 757	2 016
25 000	1 526	1 742	2 002	1 930	2 160
35 000	1 764	1 980	2 016	2 772	2 052
45 000	1 872	2 088	1 992	2 160	2 304

Диаграмма отказов в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

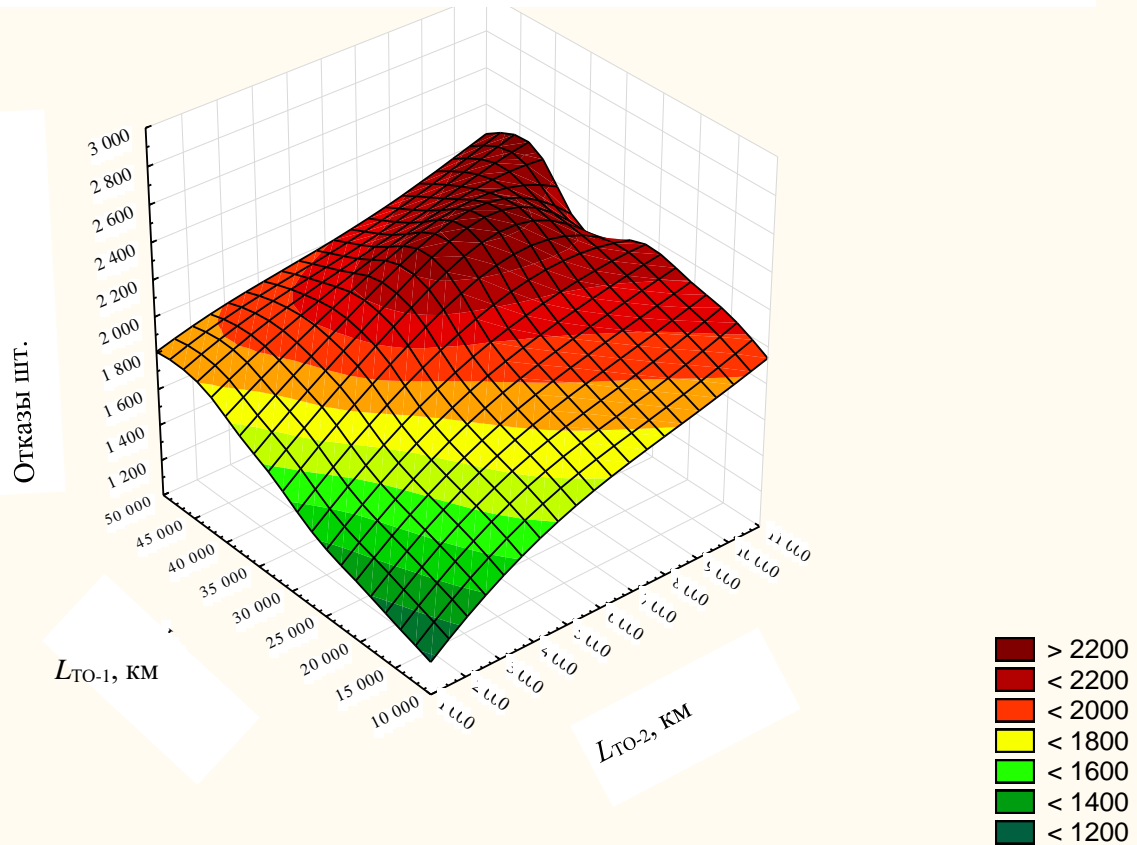


Рисунок Б.1 – Диаграмма отказов в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Таблица Б.3 – Относительное количество отказов на 1000 км пробега

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	0,54	0,63	0,71	0,68	0,78
25 000	0,59	0,66	0,77	0,74	0,84
35 000	0,69	0,75	0,77	1,07	0,76
45 000	0,73	0,80	0,77	0,82	0,89



Диаграмма поверхности относительных отказов в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

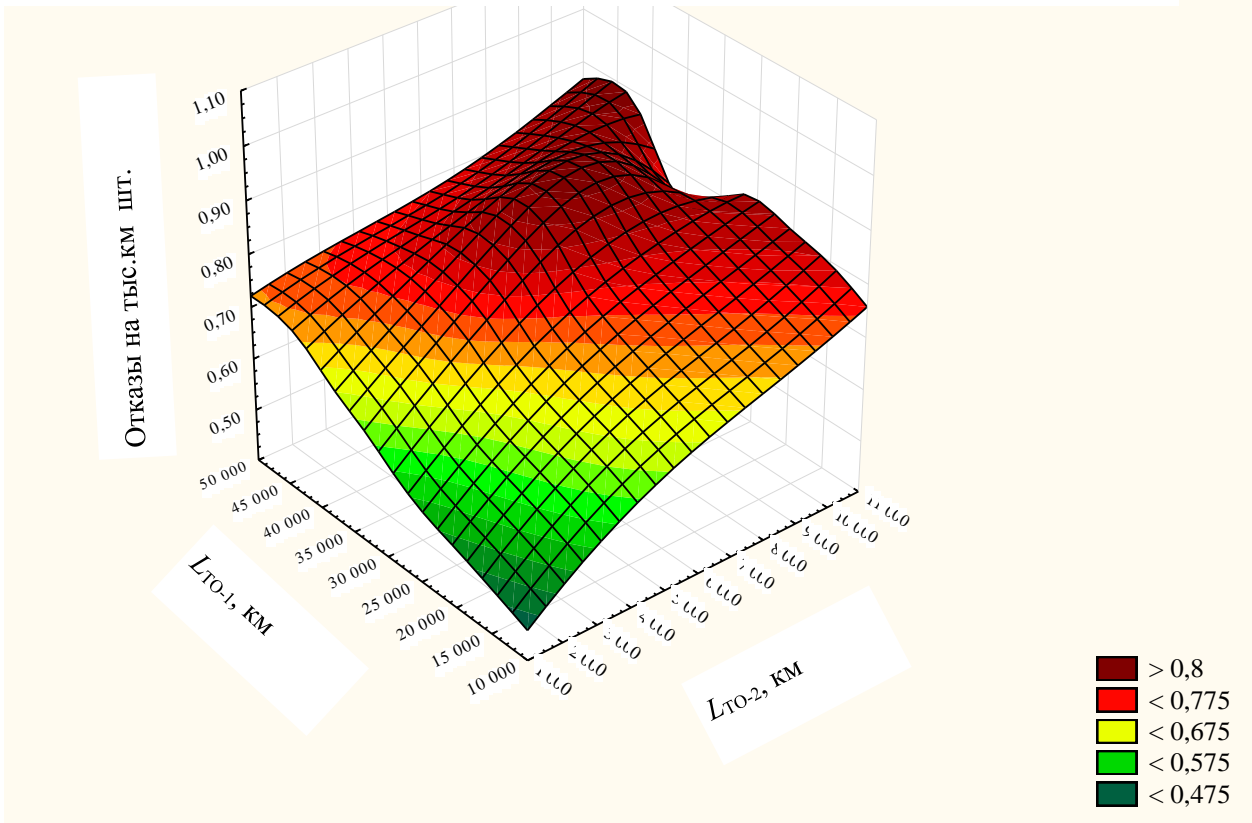


Рисунок Б.2 – Диаграмма поверхности относительных отказов в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Таблица Б.4 – Валовая выручка без учета потерь, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	108 288 000	110 592 000	108 576 000	109 008 000	108 288 000
25 000	108 288 000	110 592 000	108 576 000	109 008 000	108 288 000
35 000	108 216 000	110 520 000	109 800 000	108 720 000	114 120 000
45 000	107 136 000	109 440 000	108 960 000	110 160 000	109 200 000

Диаграмма зависимости потенциальной выручки от пробега до ТО-1 и ТО-2

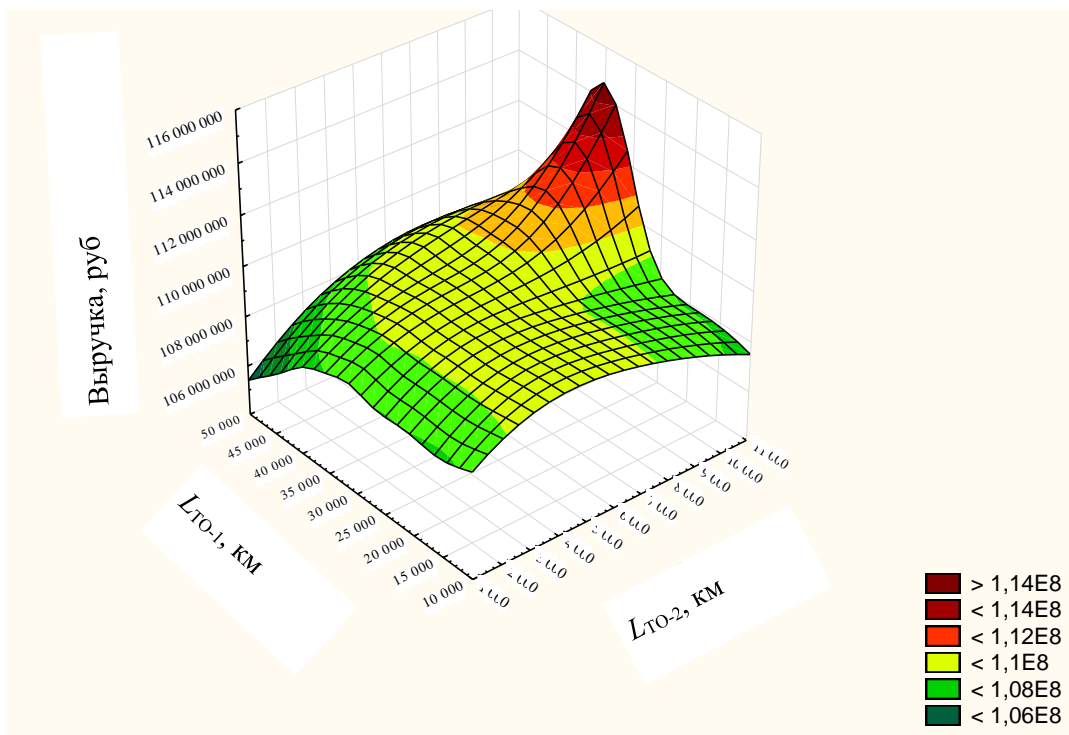


Рисунок Б.3 – Диаграмма зависимости потенциальной выручки от пробега до ТО-1 и ТО-2

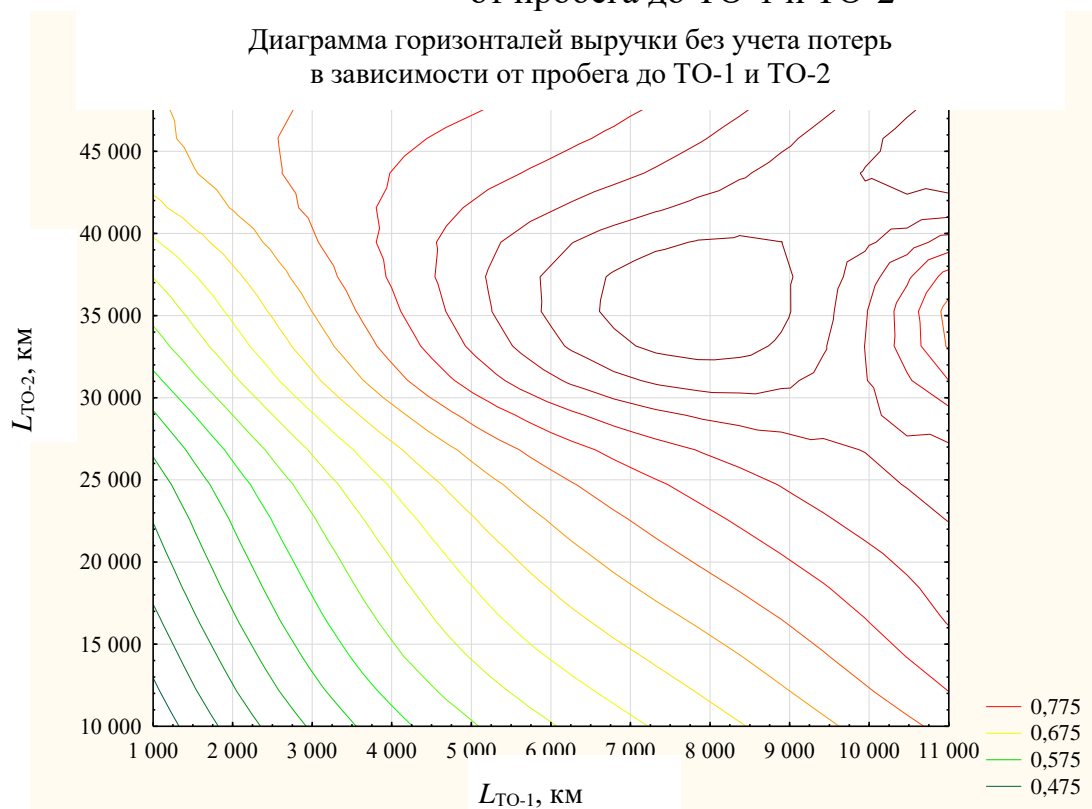


Рисунок Б.4 – Диаграмма горизонталей выручки без учета потерь в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Таблица Б.5 – Потери, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	1 933 819	2 371 565	2 607 595	2 494 685	2 837 578
25 000	2 113 301	2 486 059	2 820 715	2 728 037	3 025 987
35 000	2 382 221	2 819 966	2 907 029	4 086 720	3 013 189
45 000	2 581 738	2 954 496	3 003 264	3 162 504	3 354 504

Диаграмма зависимости потерь от пробегов до ТО-1 и ТО-2

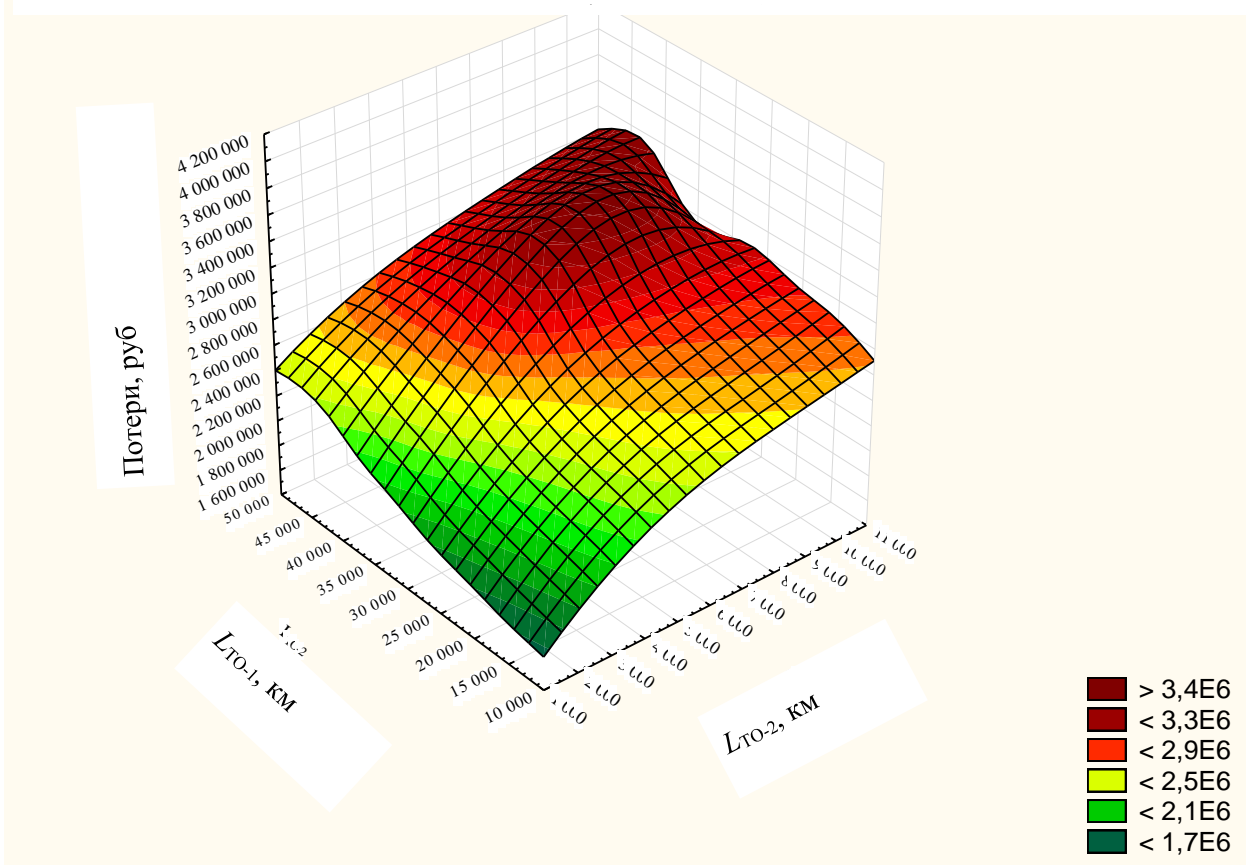


Рисунок Б.5 – Диаграмма зависимости потерь от пробегов до ТО-1 и ТО-2

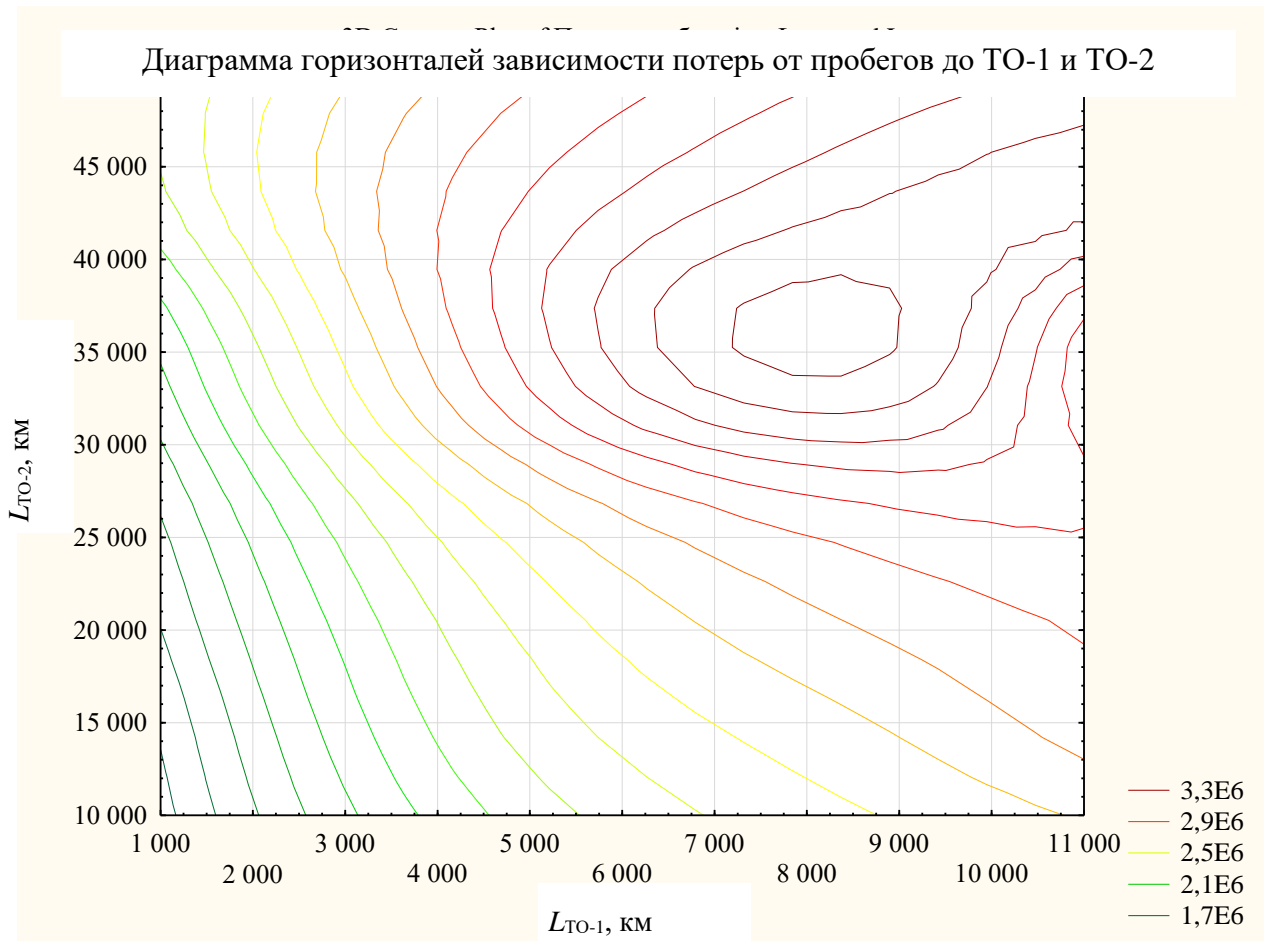


Рисунок Б.6 – Диаграмма горизонталей зависимости потерь  
от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Таблица Б.6 – Выручка предприятия с учетом потерь, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	106 354 181	108 220 435	105 968 405	106 513 315	105 450 422
25 000	106 174 699	108 105 941	105 755 285	106 279 963	105 262 013
35 000	105 833 779	107 700 034	106 892 971	104 633 280	111 106 811
45 000	104 554 262	106 485 504	105 956 736	106 997 496	105 845 496

Диаграмма поверхности выручки предприятия с учетом потерь

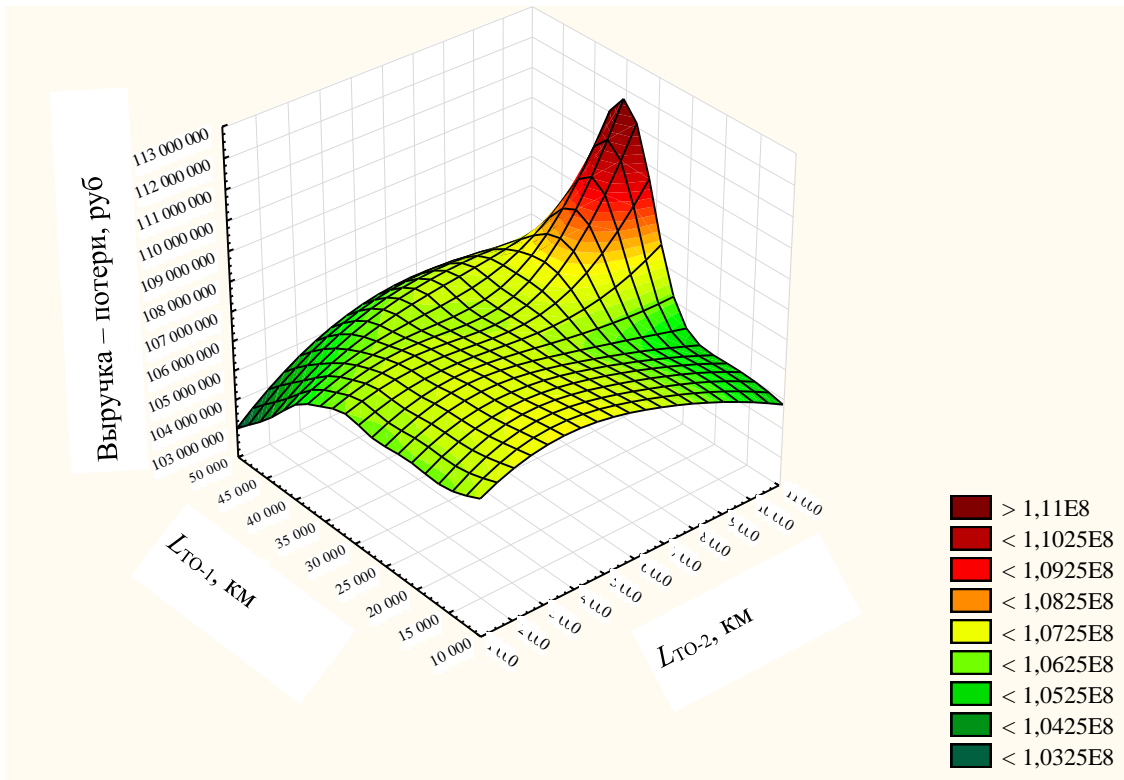


Рисунок Б.7 – Диаграмма поверхности выручки предприятия с учетом потерь

Диаграмма горизонталей выручки предприятия с учетом потерь

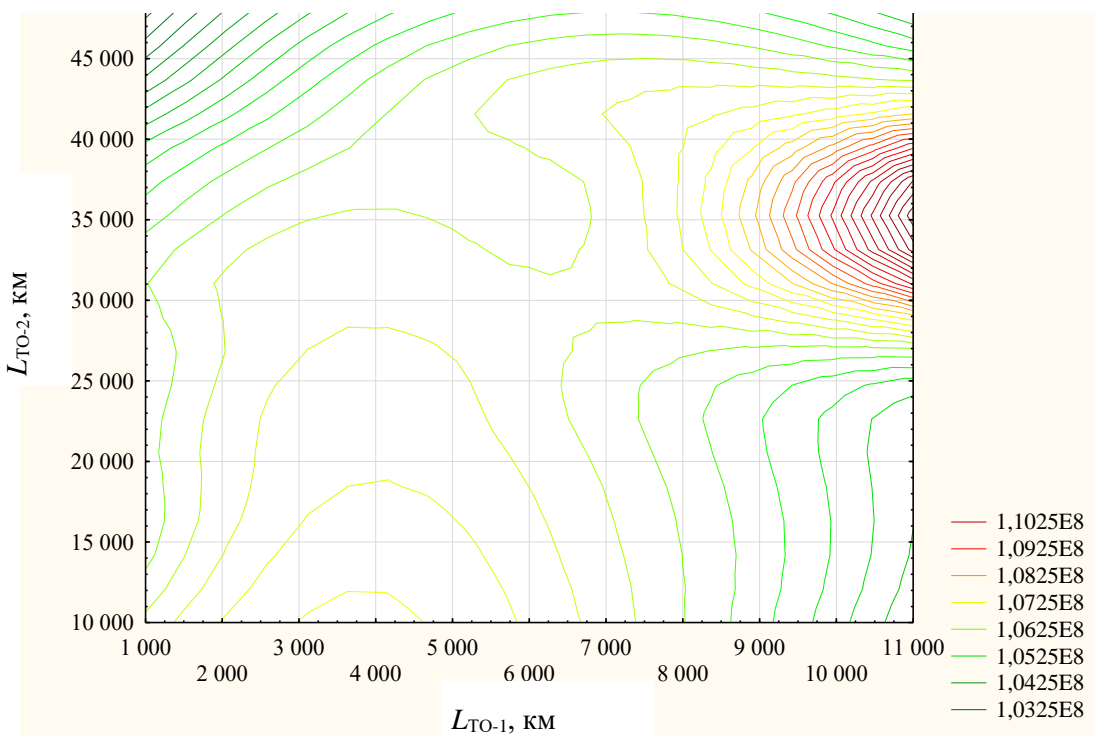


Рисунок Б.8 – Диаграмма горизонталей выручки предприятия с учетом потерь

Таблица Б.7 – Себестоимость перевозок, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	81 360 000	82 800 000	82 080 000	82 368 000	82 656 000
25 000	81 648 000	82 944 000	82 512 000	82 944 000	83 088 000
35 000	82 800 000	84 240 000	83 880 000	84 600 000	86 400 000
45 000	82 224 000	83 520 000	83 040 000	84 480 000	84 000 000

Диаграмма зависимости себестоимости перевозок от пробегов ТО-1 и ТО-2

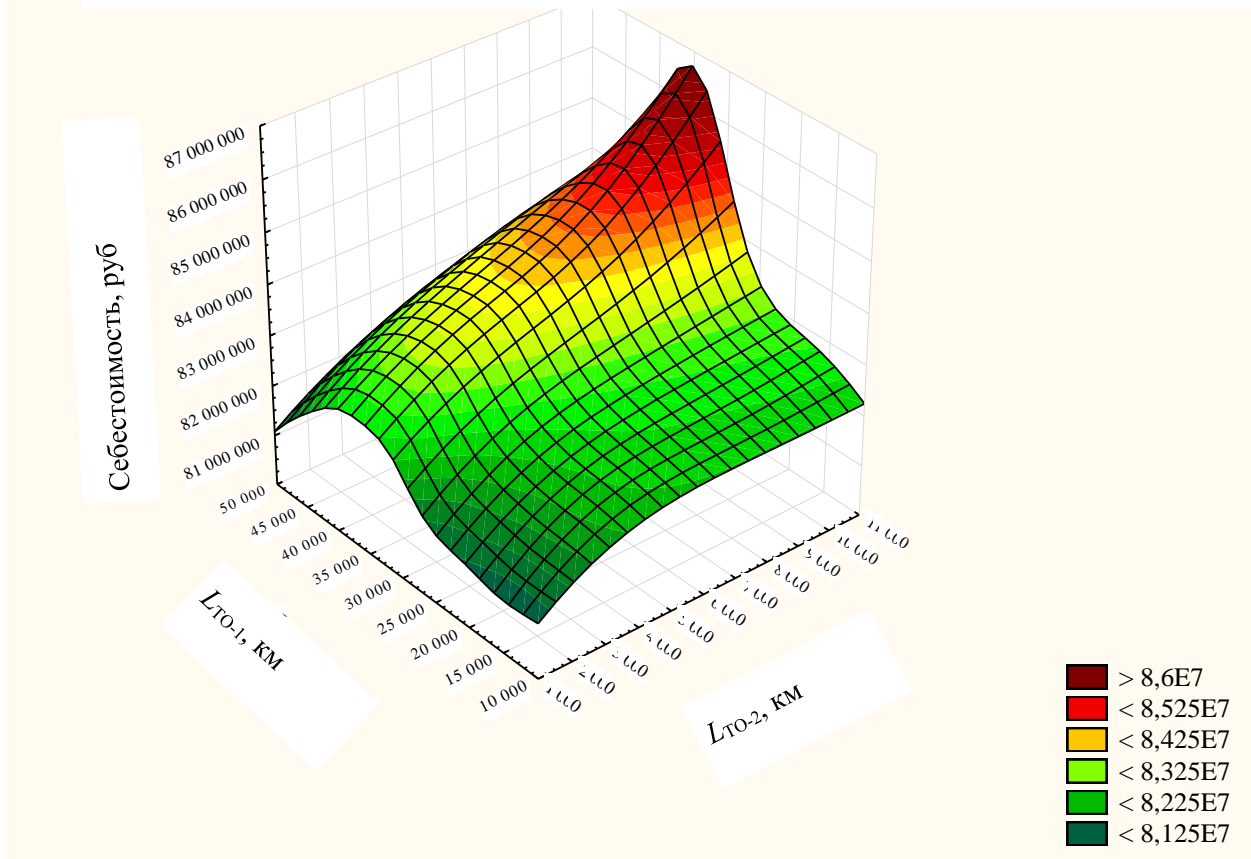


Рисунок Б.9 – Диаграмма зависимости себестоимости перевозок от пробегов до ТО-1 и ТО-2

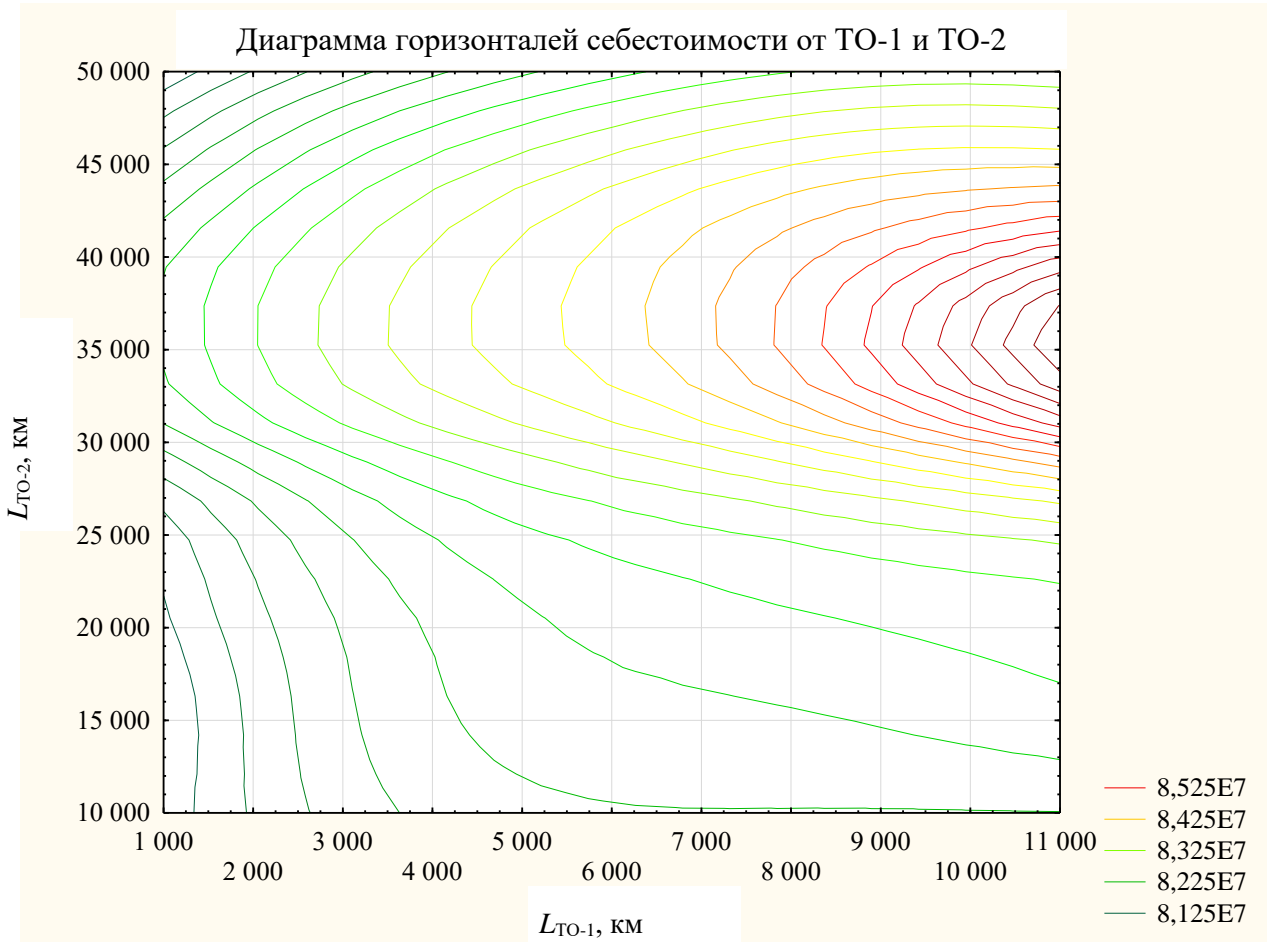


Рисунок Б.10 – Диаграмма горизонталей себестоимости от ТО-1 и ТО-2

Таблица Б.8 – Рентабельность перевозок АТП %

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-2, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	30,72	30,70	29,10	29,31	27,58
25 000	30,04	30,34	28,17	28,13	26,69
35 000	27,82	27,85	27,44	23,68	28,60
45 000	27,16	27,50	27,60	26,65	26,01

Диаграмма зависимости рентабельности от пробега до ТО-1 и ТО-2

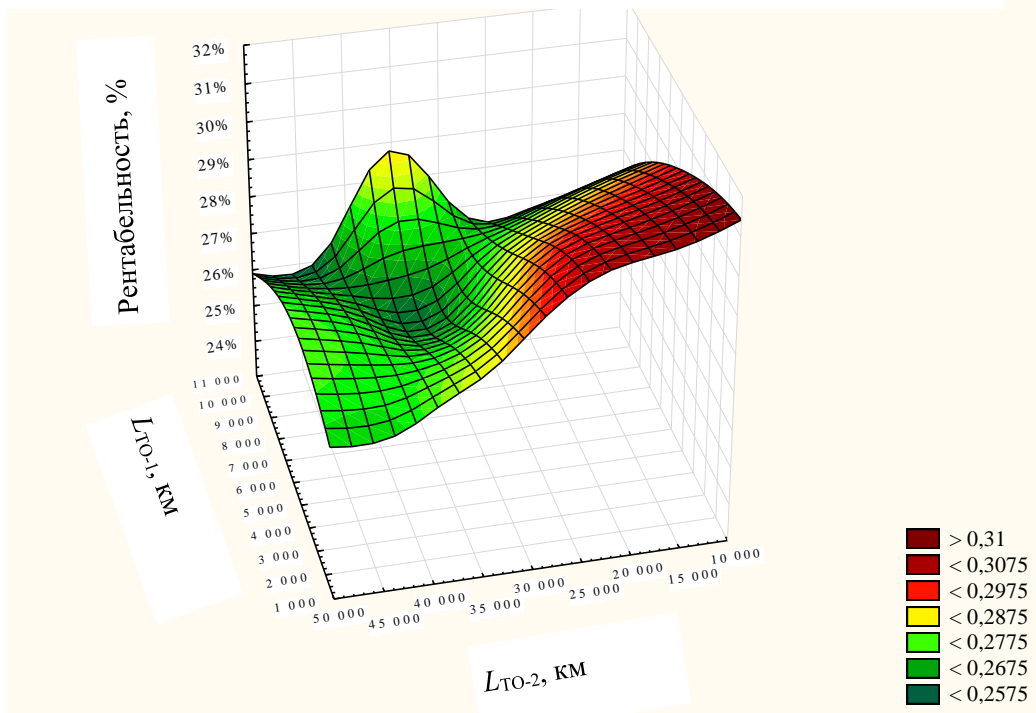


Рисунок Б.11 – Диаграмма зависимости рентабельности от пробега до ТО-1 и ТО-2

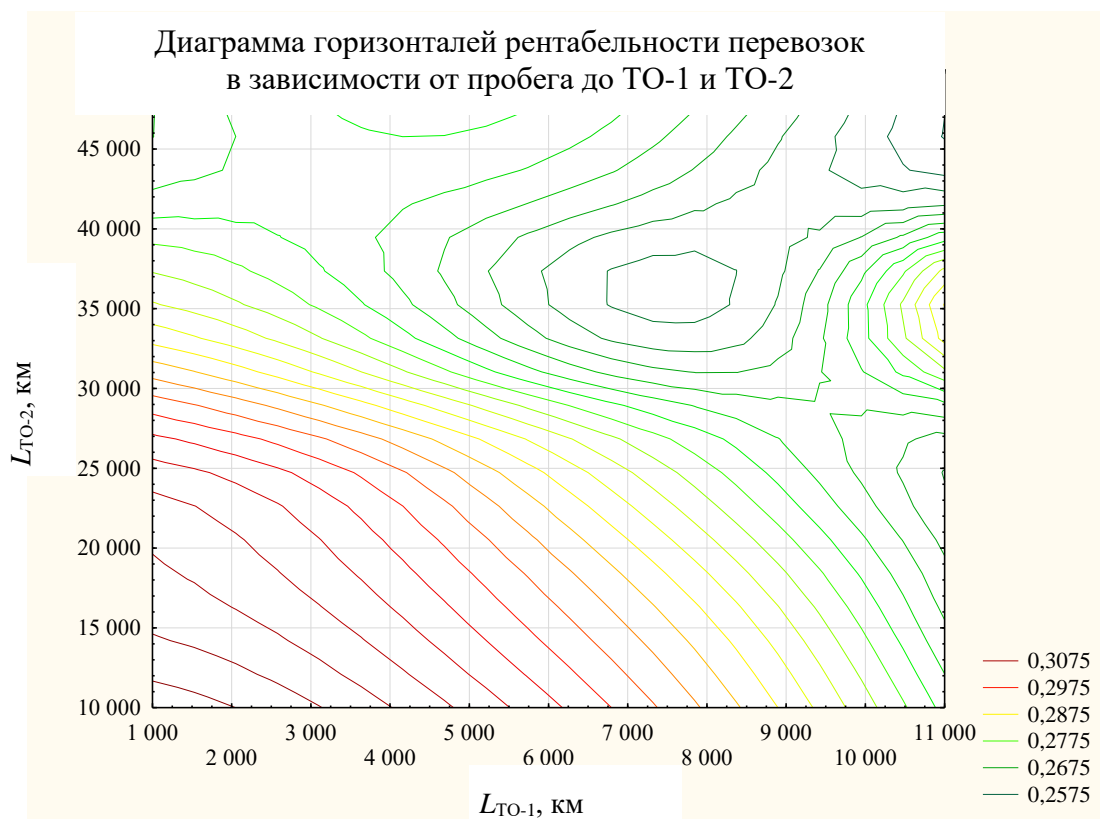


Рисунок Б.12 – Диаграмма горизонталей рентабельности перевозок в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2



Диаграмма поверхности зависимости удельных затрат на ТО и Р от пробега до ТО-1 и ТО-2

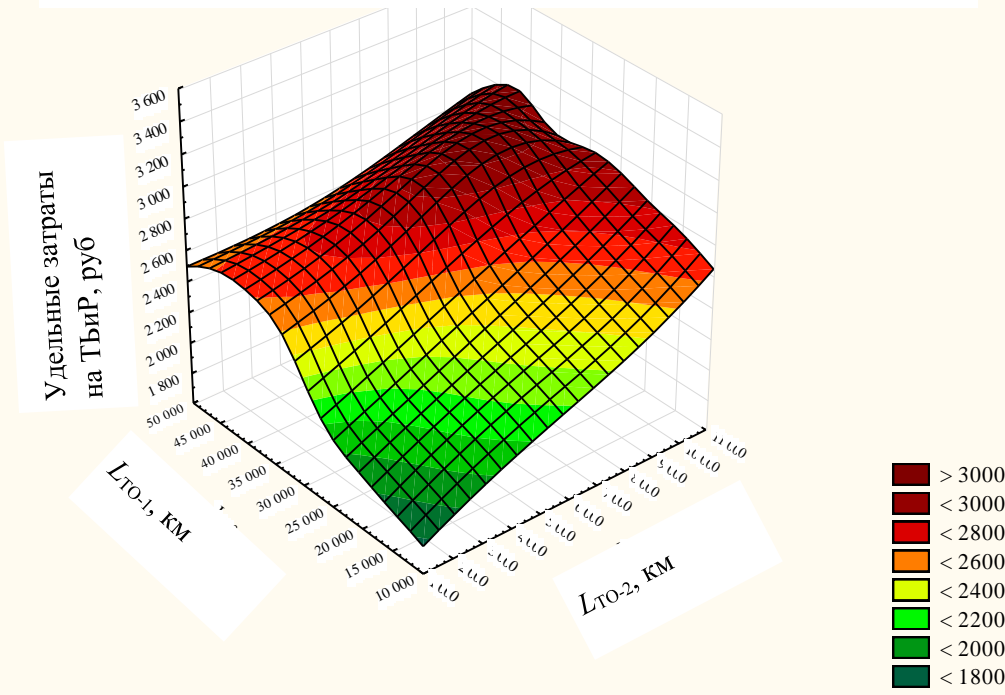


Рисунок Б.13 – Диаграмма поверхности зависимости удельных затрат на ТО и Р от пробега до ТО-1 и ТО-2

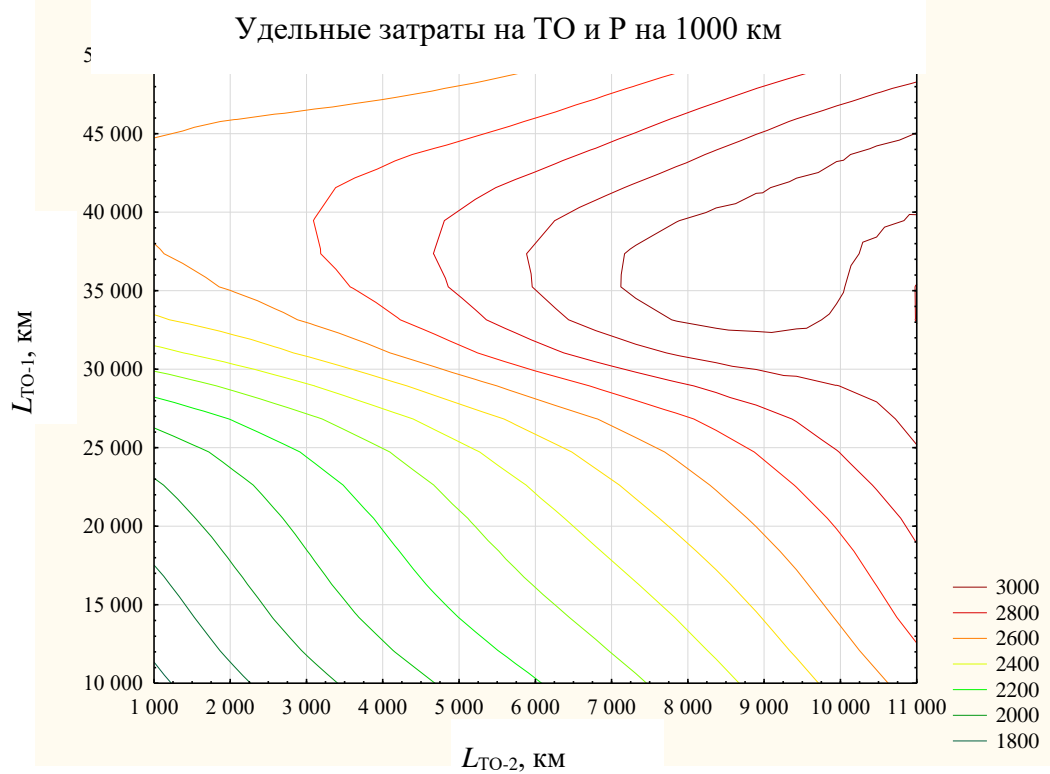


Рисунок Б.14 – Удельные затраты на ТО и Р на 1000 км общего пробега

Таблица Б.9 – Нарботка на отказ в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-2, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	1 864	1 589	1 413	1 477	1 278
25 000	1 688	1 511	1 291	1 345	1 193
35 000	1 459	1 328	1 298	932	1 322
45 000	1 361	1 247	1 301	1 213	1 129

Диаграмма зависимости наработки на отказ от пробегов до ТО-1 и ТО-2

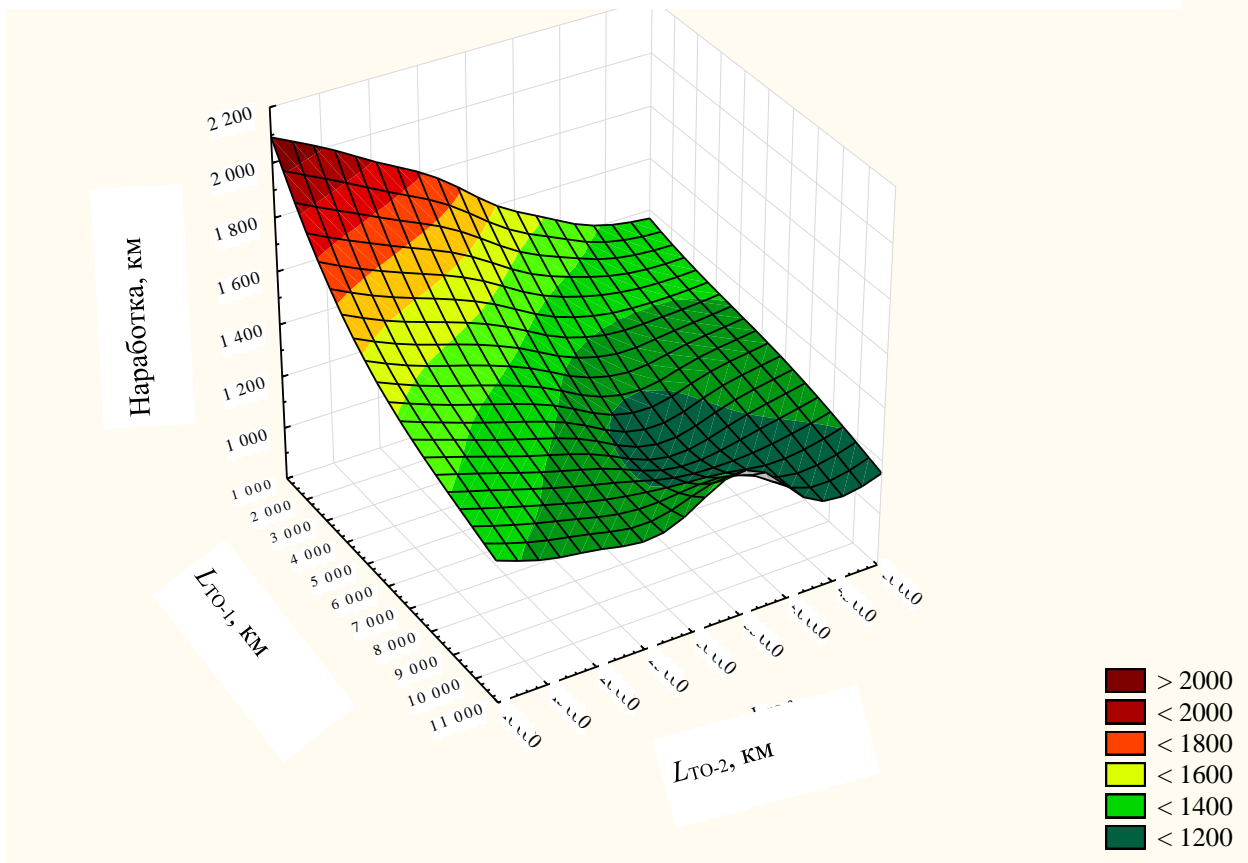


Рисунок Б.15 – Диаграмма зависимости наработки на отказ от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Диаграмма горизонталей зависимости наработки на отказ  
в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

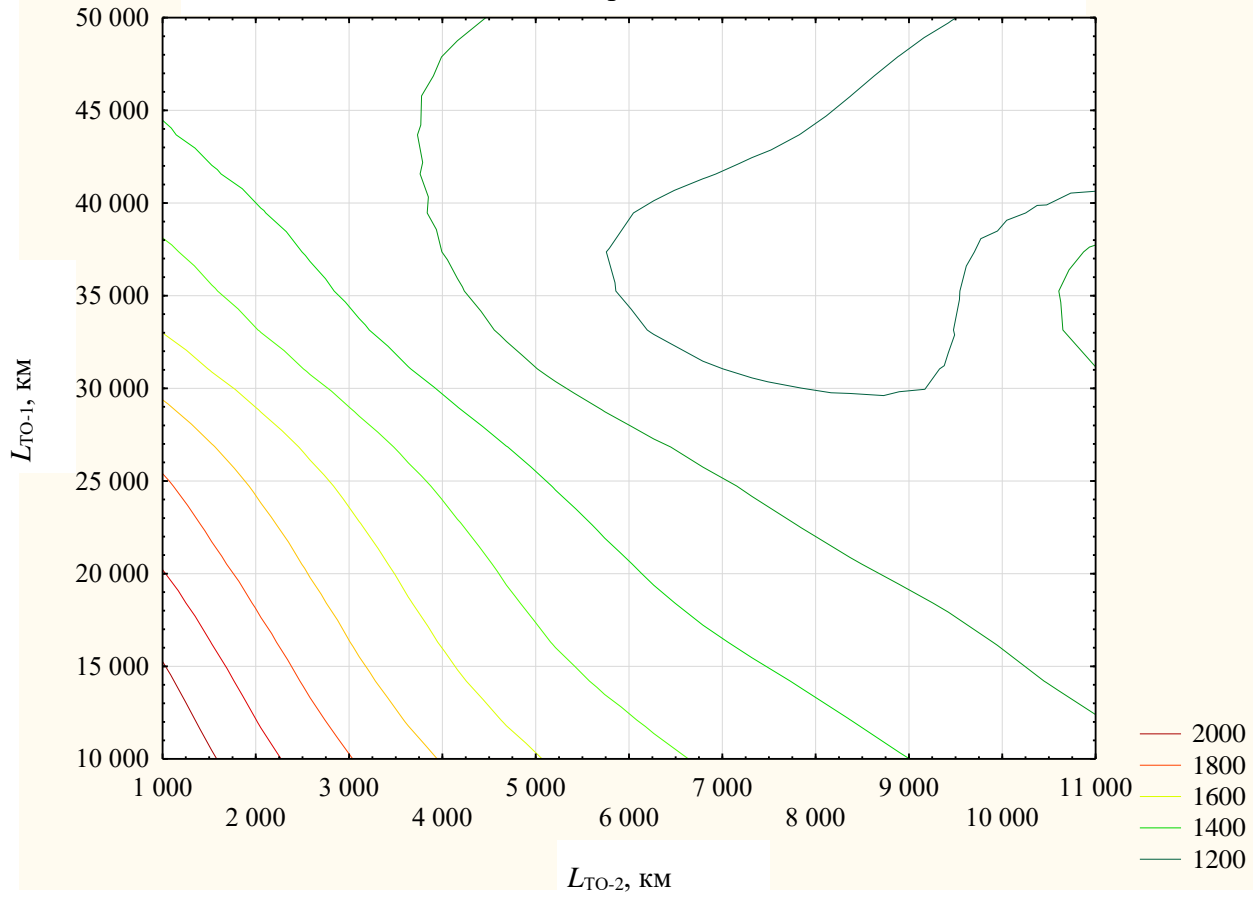


Рисунок Б.16 – Диаграмма горизонталей зависимости наработки на отказ  
в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Приложение В  
(информационное)

Результаты моделирования работы подвижного состава автомобильного пассажирского транспорта марки ЛИАЗ-5256

Таблица В.1 – Общий пробег подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта в целом по АТП

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	2 524 605	2 578 890	2 532 360	2 542 935	2 523 900
25 000	2 520 728	2 575 013	2 562 675	2 530 950	2 657 850
35 000	2 520 728	2 575 013	2 562 675	2 530 950	2 657 850
45 000	2 550 925	2 538 000	2 567 375	2 548 575	2 550 925

Таблица В.2 – Суммарное количество отказов подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	2 707	2 989	3 412	3 003	3 158
25 000	3 243	3 525	3 137	3 807	3 067
35 000	3 314	3 596	3 455	4 019	3 173
45 000	3 408	3 431	3 220	3 525	3 619

Диаграмма отказов в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

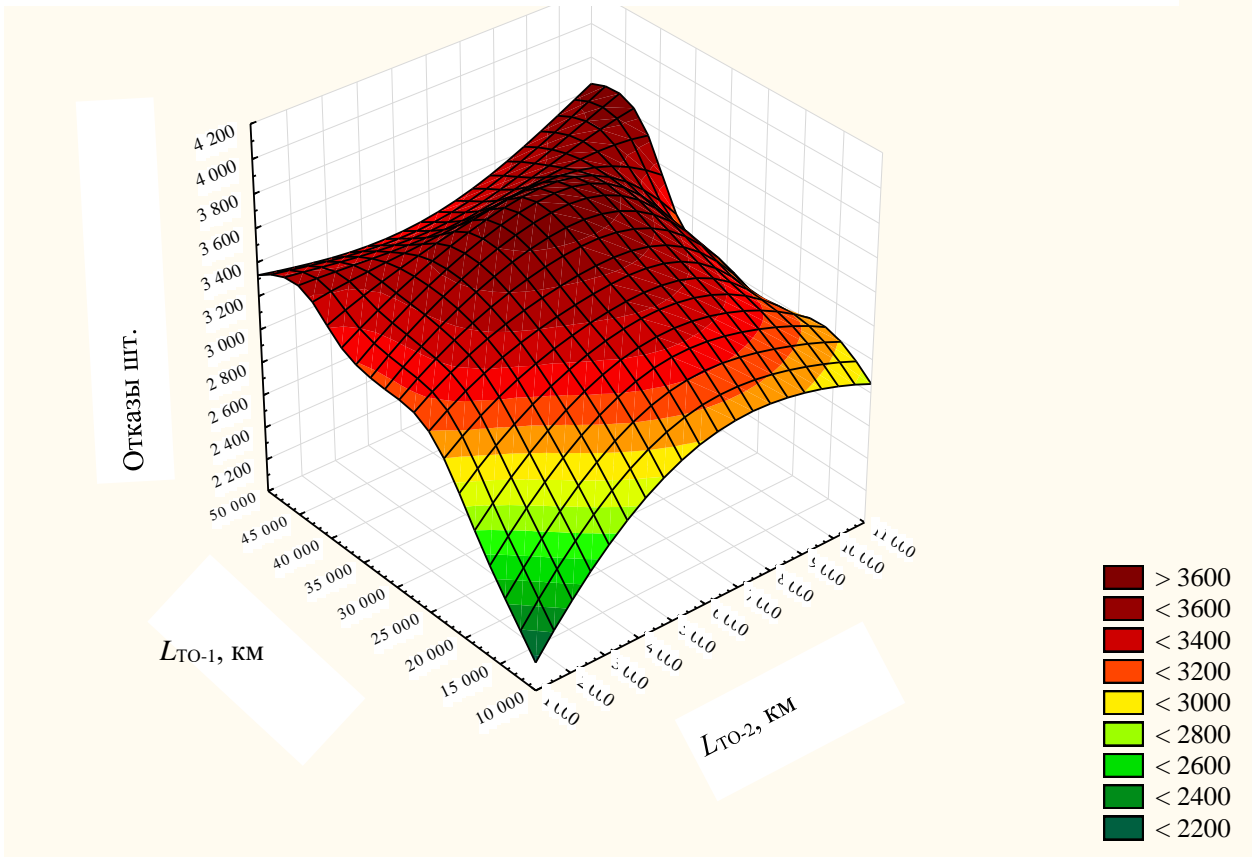


Рисунок В.1 – Диаграмма отказов в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Таблица В.3 – Относительное количество отказов на 1000 км пробега

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	1,07	1,16	1,35	1,18	1,25
25 000	1,29	1,37	1,22	1,50	1,15
35 000	1,31	1,40	1,35	1,59	1,19
45 000	1,34	1,35	1,25	1,38	1,42

Диаграмма поверхности относительных отказов в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

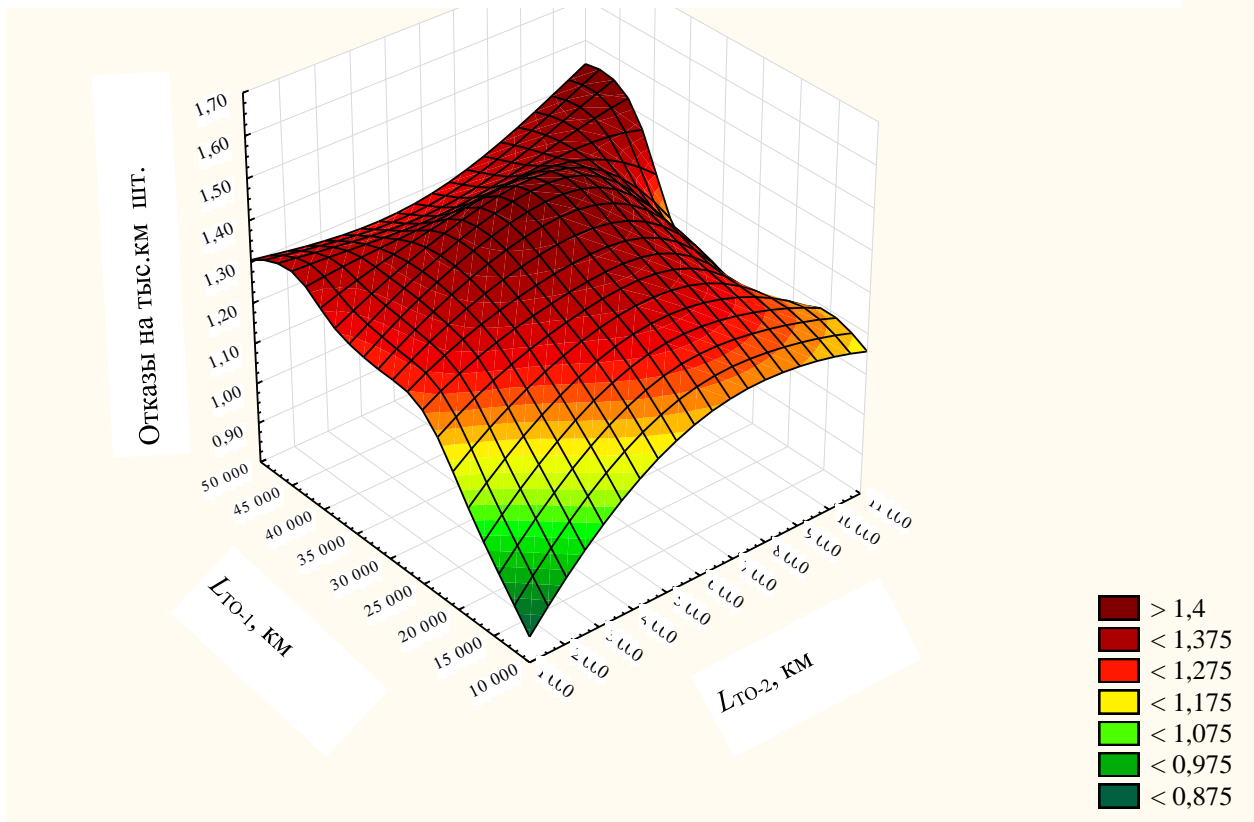


Рисунок В.2 – Диаграмма поверхности относительных отказов в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Таблица В.4 – Валовая выручка без учета потерь, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	106 032 000	108 288 000	106 314 000	106 737 000	106 032 000
25 000	105 961 500	108 217 500	107 512 500	106 455 000	111 742 500
35 000	105 961 500	108 217 500	107 512 500	106 455 000	111 742 500
45 000	107 160 000	106 690 000	107 865 000	106 925 000	107 160 000

Диаграмма зависимости потенциальной выручки от пробега до ТО-1 и ТО-2

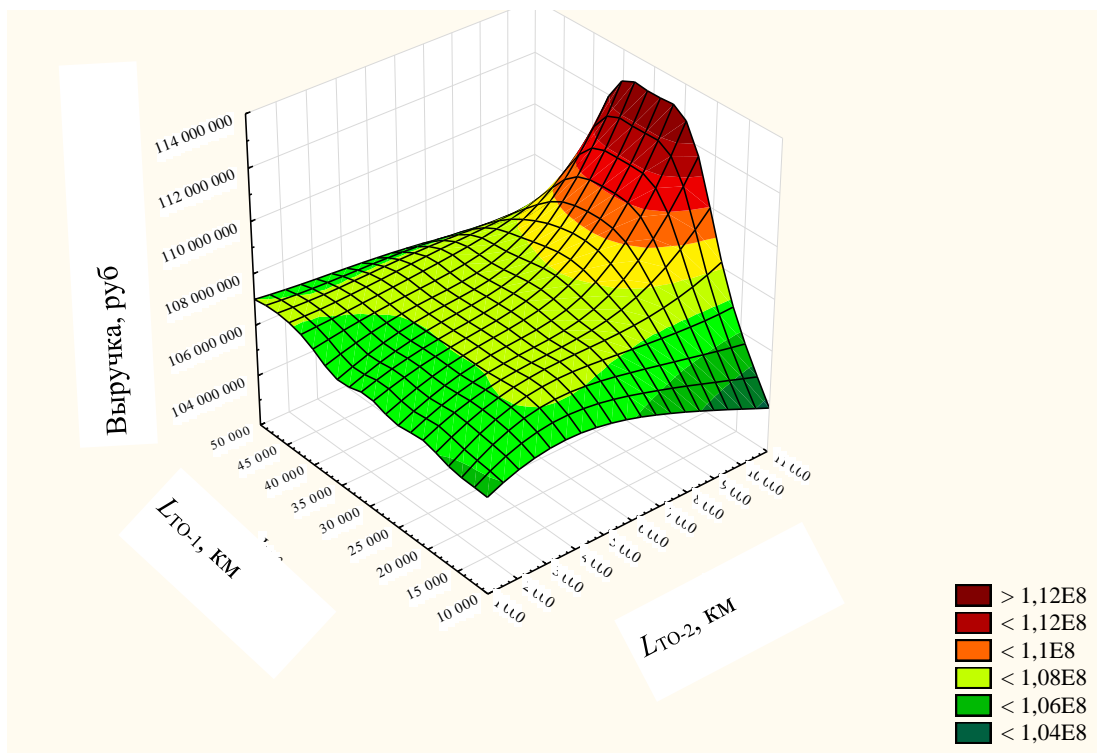


Рисунок В.3 – Диаграмма зависимости потенциальной выручки от пробега до ТО-1 и ТО-2

Диаграмма горизонталей выручки без учета потерь в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

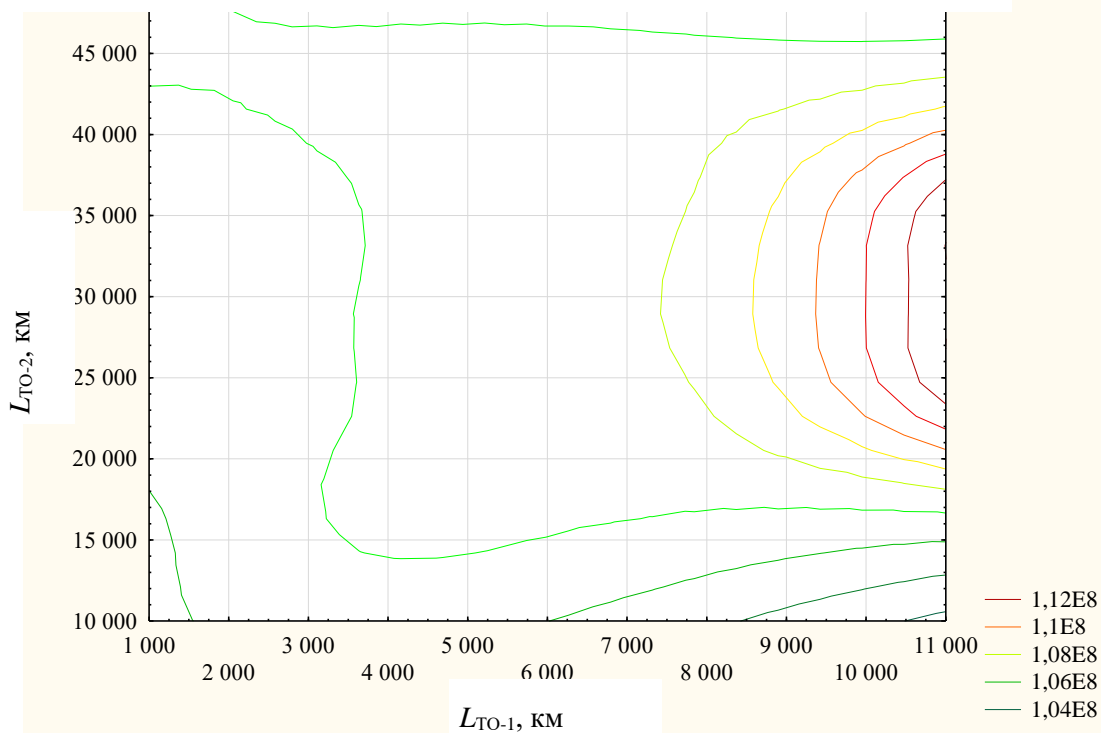


Рисунок В.4 – Диаграмма горизонталей выручки без учета потерь в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Таблица В.5 – Потери, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	3 932 589	4 494 897	5 065 157	4 495 475	4 668 299
25 000	4 463 708	5 026 016	4 574 992	5 531 677	4 546 087
35 000	4 621 064	5 183 372	5 112 484	5 887 455	4 727 765
45 000	4 902 312	5 024 864	4 826 031	5 109 723	5 402 932

Диаграмма зависимости потерь от пробегов до ТО-1 и ТО-2

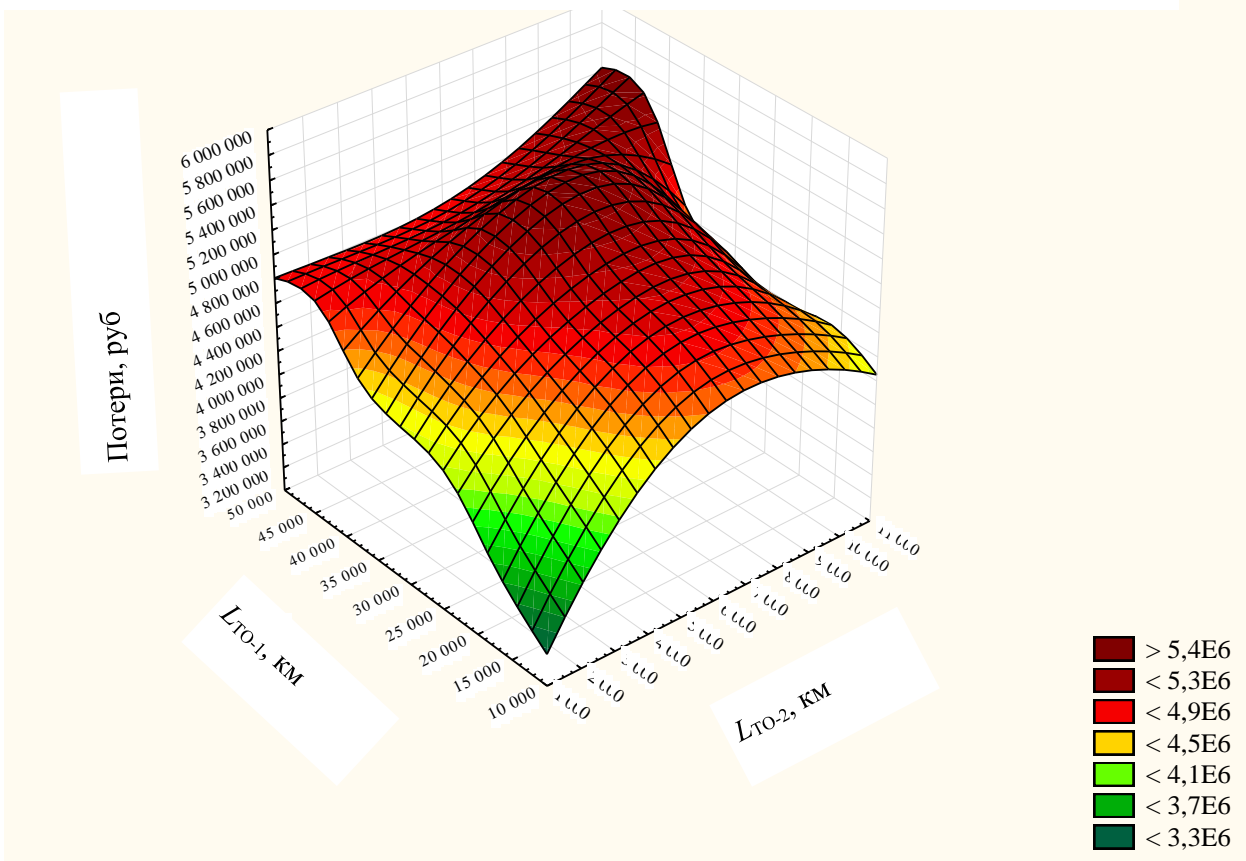


Рисунок В.5 – Диаграмма зависимости потерь от пробегов до ТО-1 и ТО-2



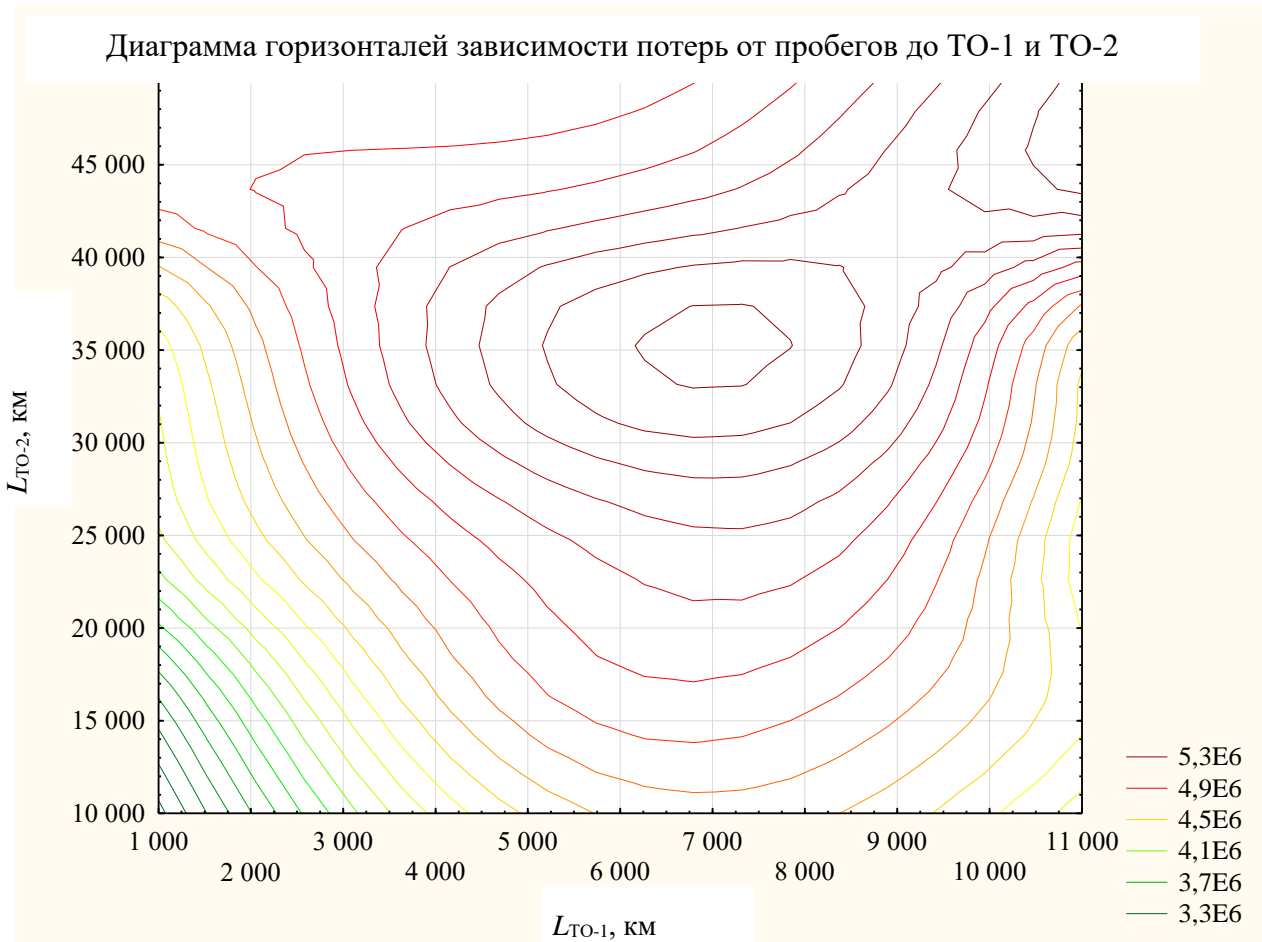


Рисунок В.6 – Диаграмма горизонталей зависимости потерь  
от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Таблица В.6 – Выручка предприятия с учетом потерь, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	102 099 411	103 793 103	101 248 843	102 241 525	101 363 702
25 000	101 497 793	103 191 485	102 937 508	100 923 323	107 196 413
35 000	101 340 437	103 034 129	102 400 016	100 567 545	107 014 735
45 000	102 257 689	101 665 136	103 038 970	101 815 278	101 757 068

Диаграмма поверхности выручки предприятия с учетом потерь

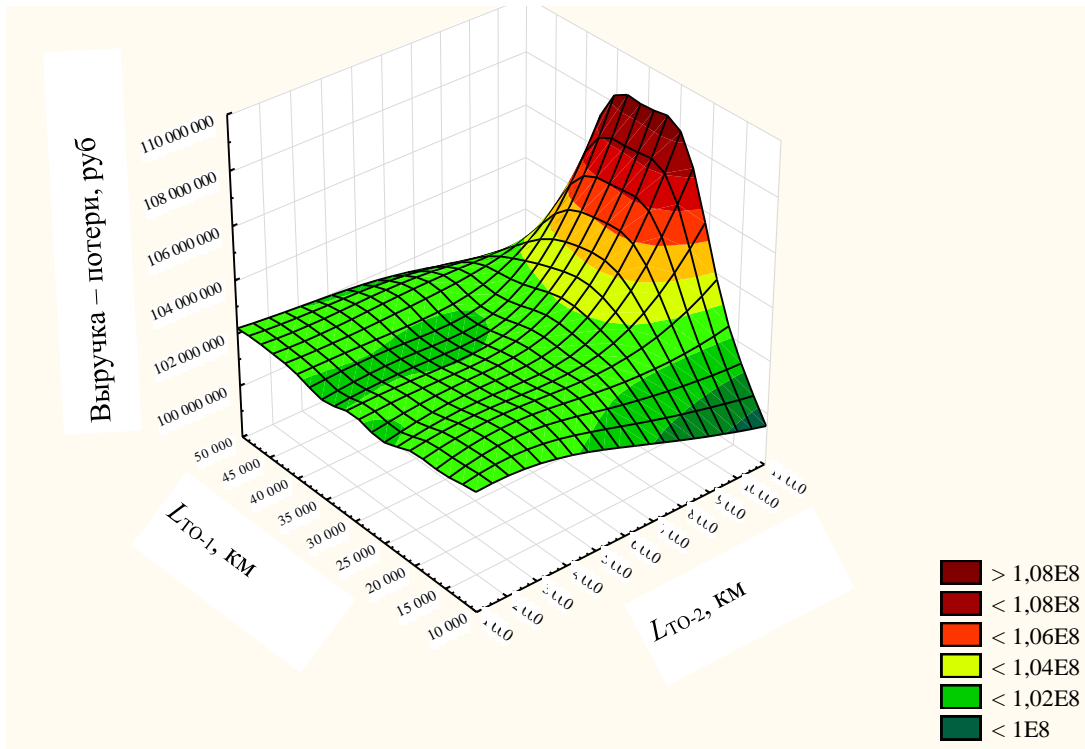


Рисунок В.7 – Диаграмма поверхности выручки предприятия с учетом потерь

Диаграмма горизонталей выручки предприятия с учетом потерь

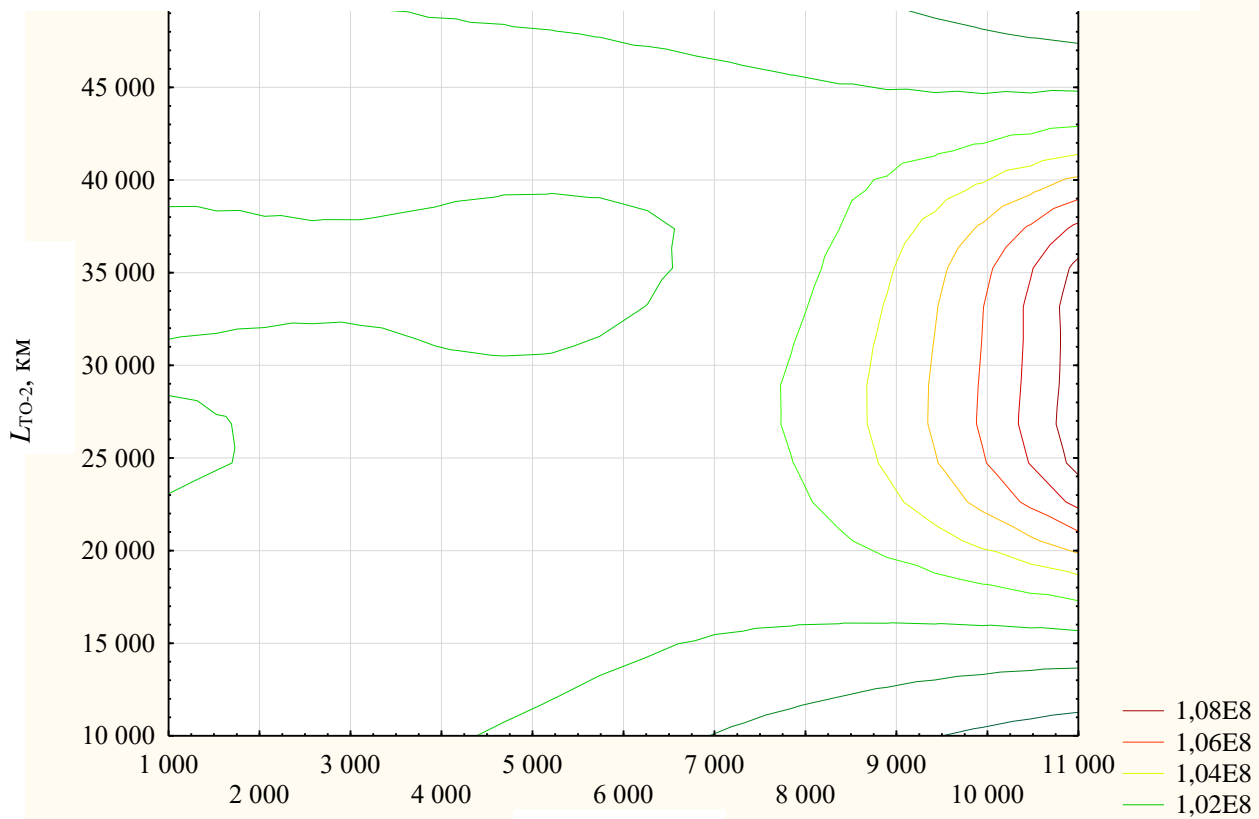


Рисунок В.8 – Диаграмма горизонталей выручки предприятия с учетом потерь

Рисунок В.8 – Диаграмма горизонталей выручки предприятия с учетом потерь

Таблица В.7 – Себестоимость перевозок, руб.

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-1, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	89 817 000	90 663 000	89 535 000	89 253 000	89 112 000
25 000	90 099 000	90 945 000	89 535 000	89 535 000	92 707 500
35 000	90 099 000	90 945 000	90 240 000	89 887 500	93 060 000
45 000	89 817 000	90 663 000	89 535 000	89 253 000	89 112 000

Диаграмма зависимости себестоимости перевозок от пробегов ТО-1 и ТО-2

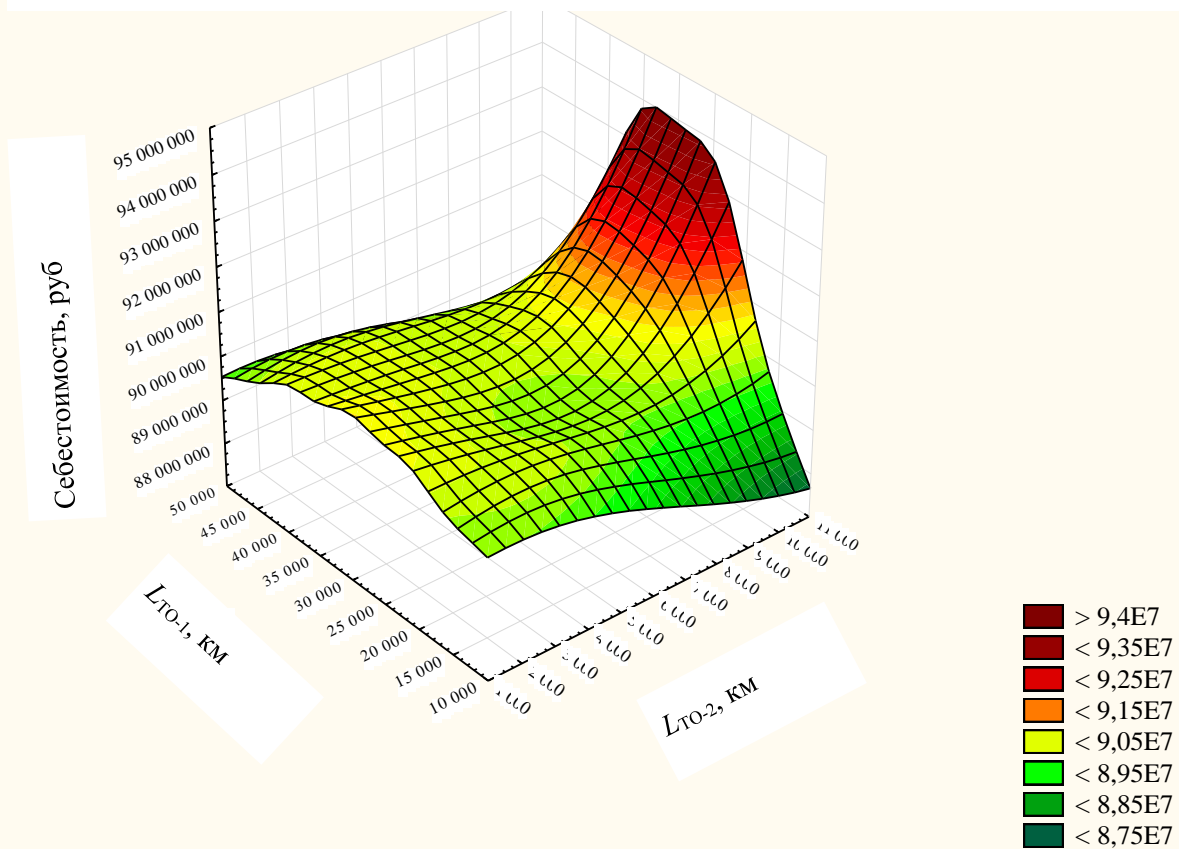


Рисунок В.9 – Диаграмма зависимости себестоимости перевозок

от пробегов до ТО-1 и ТО-2

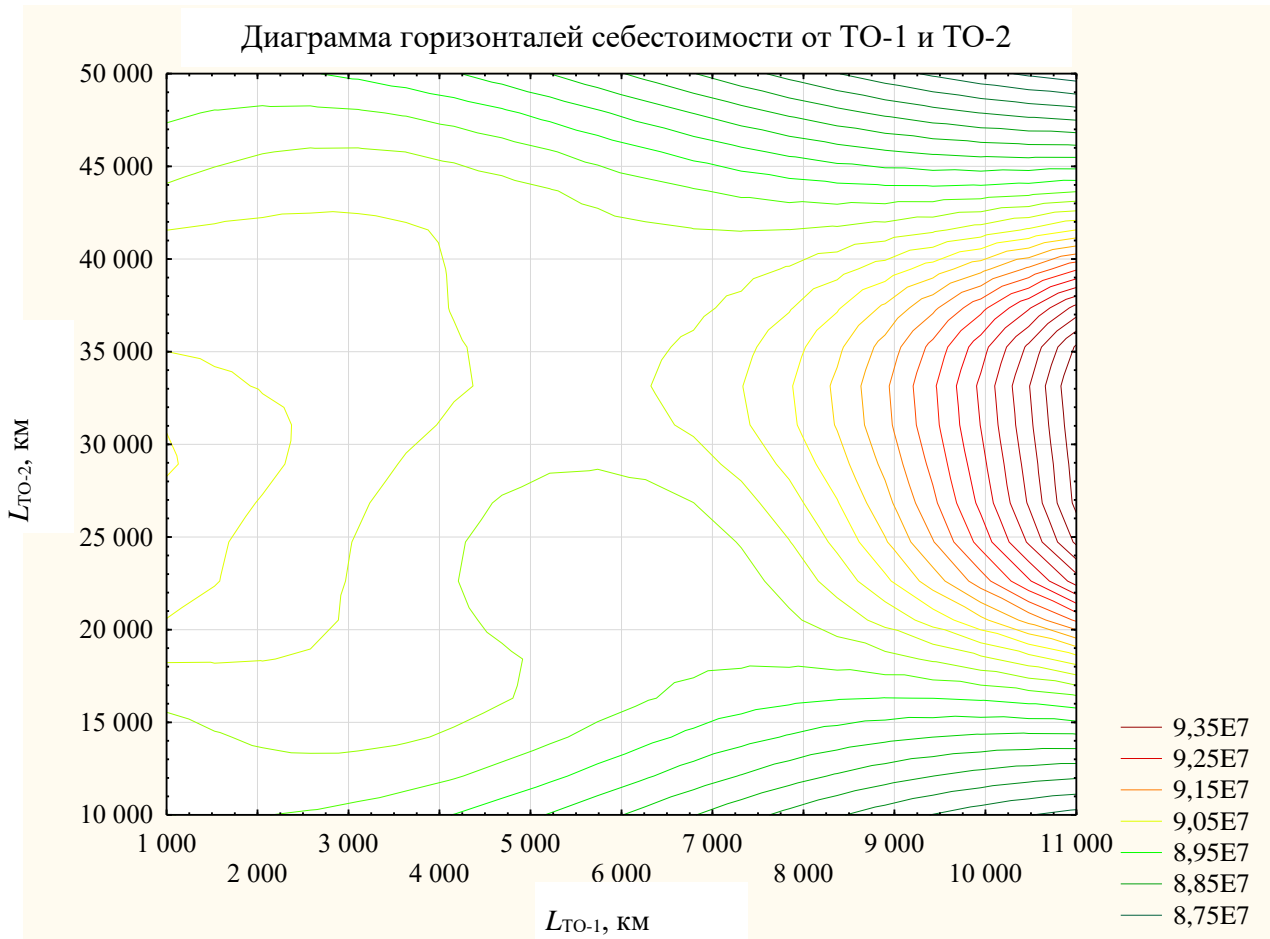


Рисунок В.10 – Диаграмма горизонталей себестоимости от ТО-1 и ТО-2

Таблица В.8 – Рентабельность перевозок АТП, %

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-2, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	13,67	14,48	13,08	14,55	13,75
25 000	12,65	13,47	14,97	12,72	15,63
35 000	12,48	13,29	13,48	11,88	15,00
45 000	13,85	12,14	15,08	14,07	14,19

Диаграмма зависимости рентабельности от пробега до ТО-1 и ТО-2

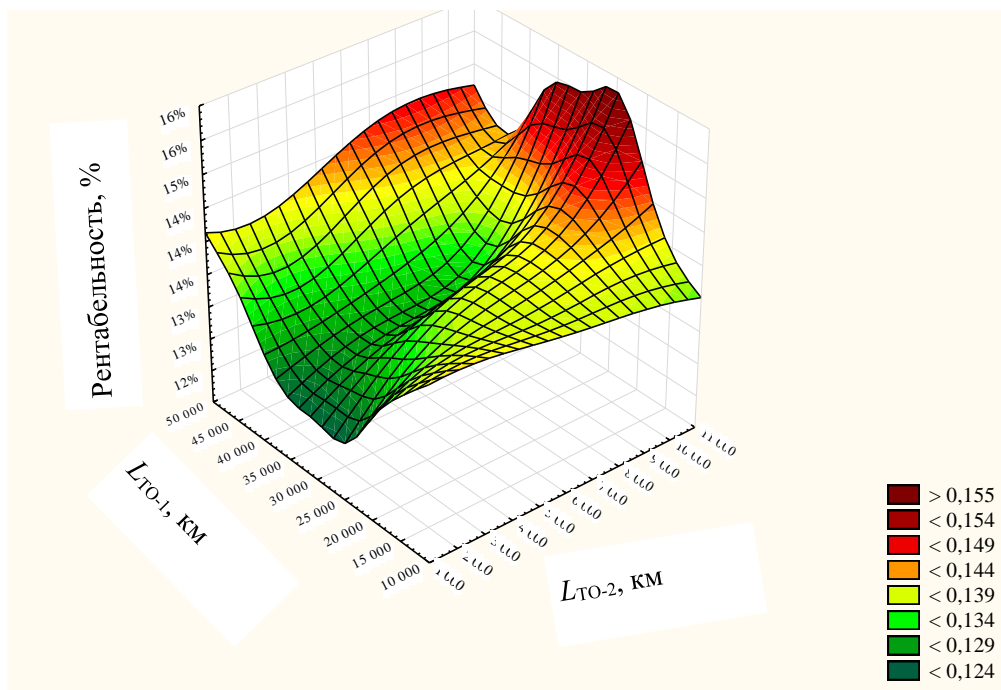


Рисунок В.11 – Диаграмма зависимости рентабельности от пробега до ТО-1 и ТО-2

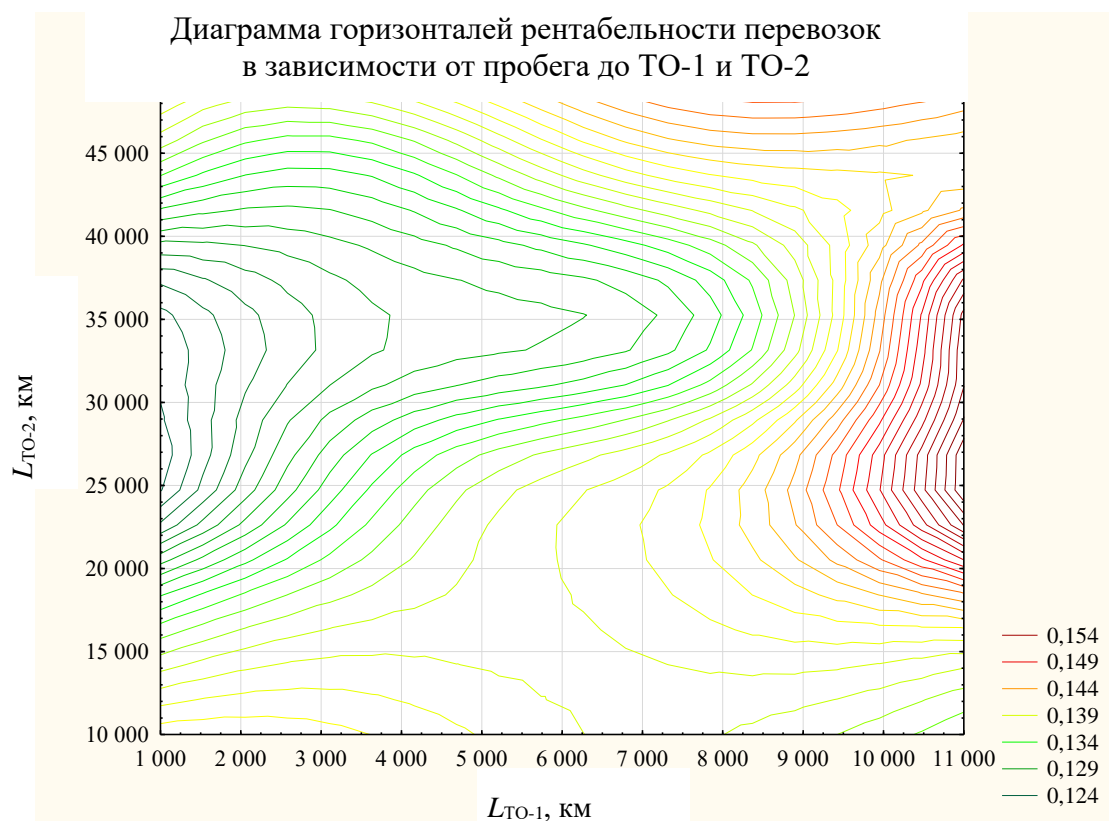


Рисунок В.12 – Диаграмма горизонталей рентабельности перевозок в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Диаграмма поверхности зависимости удельных затрат на ТО и Р от пробега до ТО-1 и ТО-2

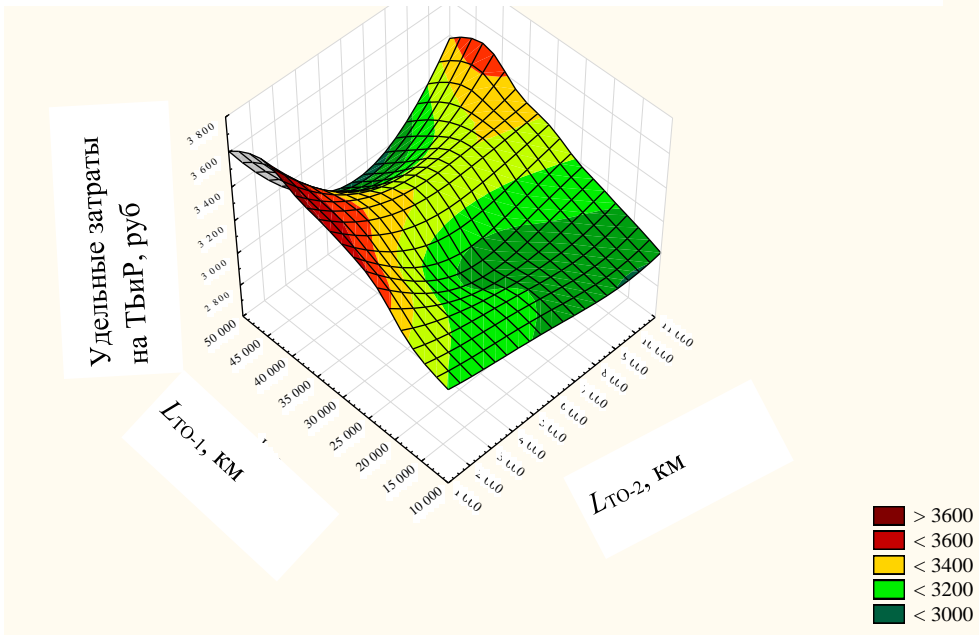


Рисунок В.13 – Диаграмма поверхности зависимости удельных затрат на ТО и Р от пробега до ТО-1 и ТО-2

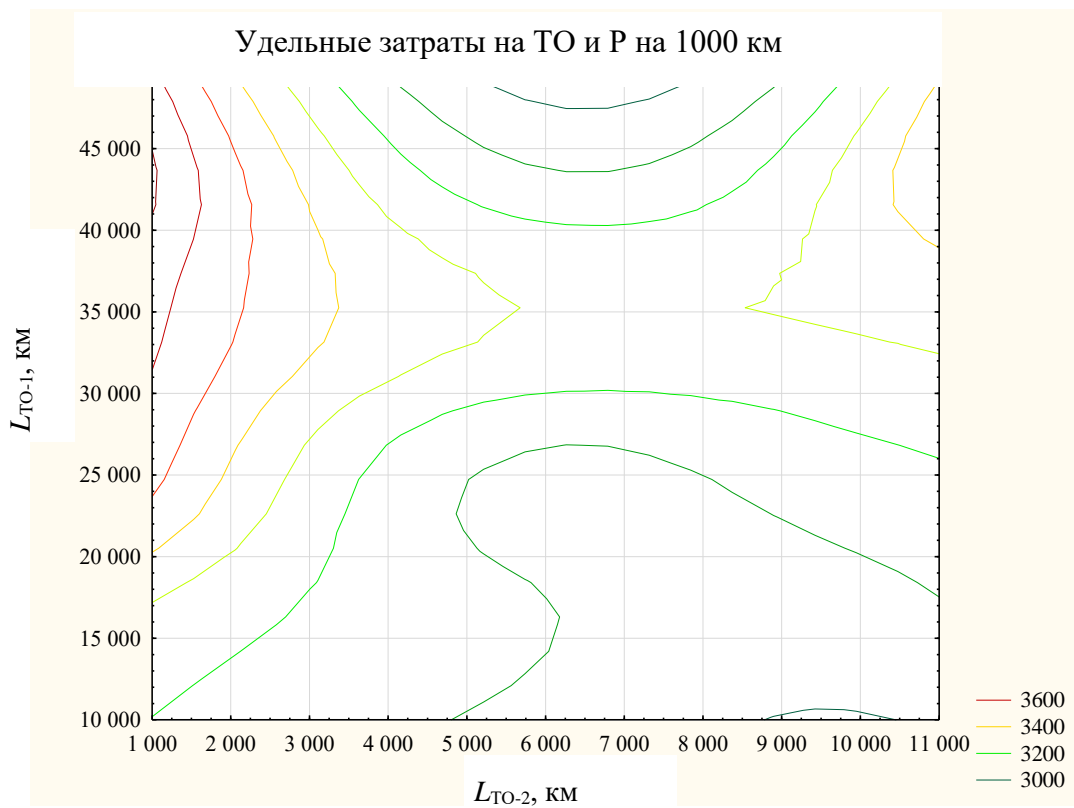


Рисунок В.14 – Удельные затраты на ТО и Р на 1000 км общего пробега

Таблица В.9 – Нарботка на отказ в зависимости от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Пробег до ТО-2, км	Пробег до ТО-2, км				
	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000
15 000	932	862	742	846	799
25 000	777	730	817	665	866
35 000	761	716	742	630	838
45 000	748	740	797	723	705

Диаграмма зависимости наработки на отказ от пробегов до ТО-1 и ТО-2

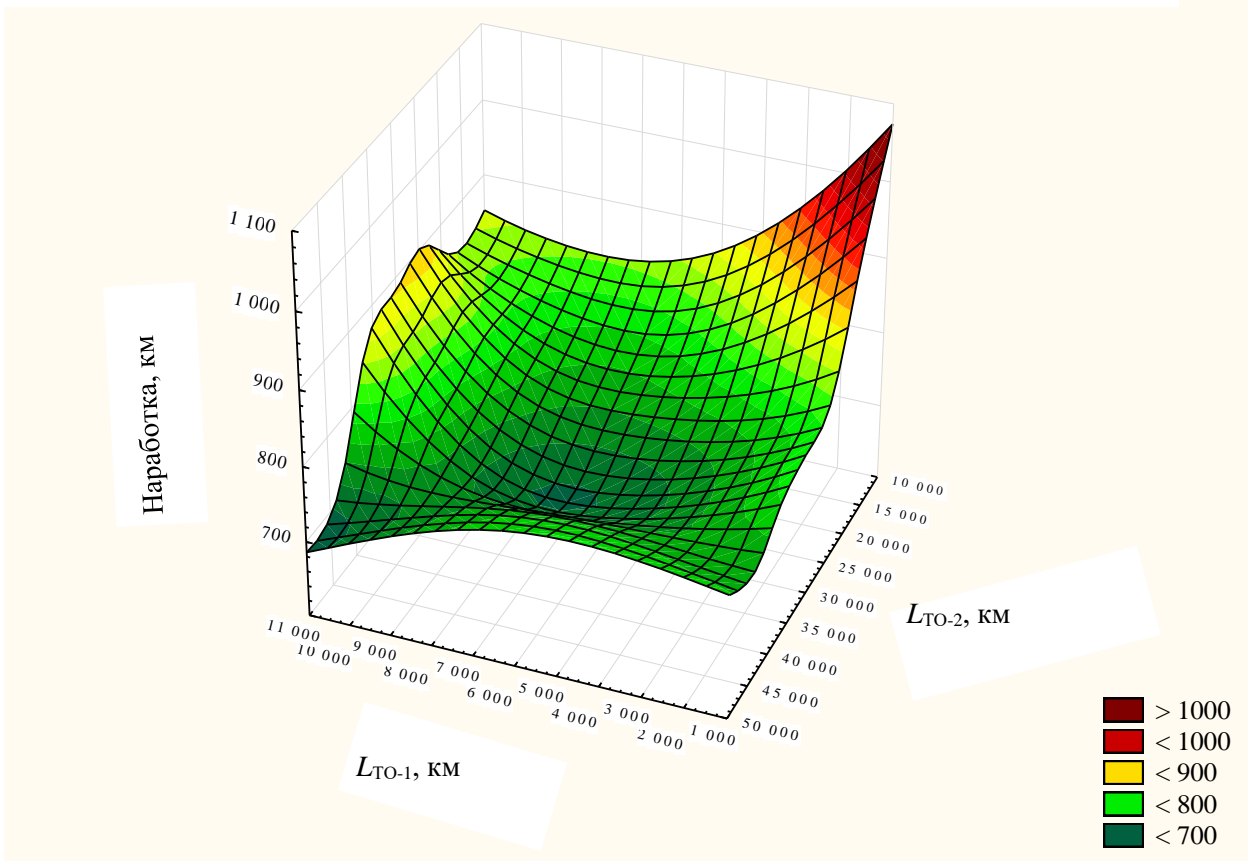


Рисунок В.15 – Диаграмма зависимости наработки на отказ от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Диаграмма горизонталей зависимости наработки на отказ  
в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

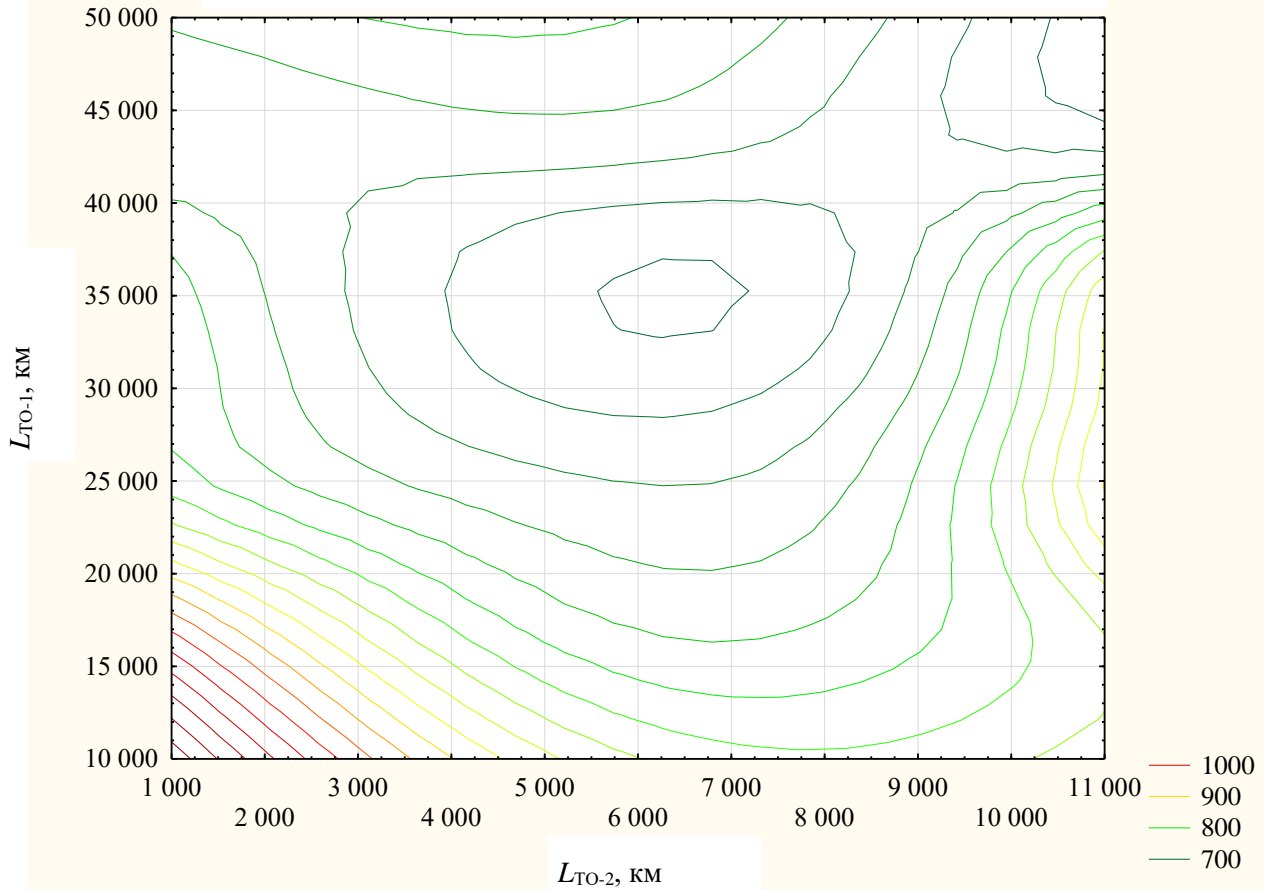


Рисунок В.16 – Диаграмма горизонталей зависимости наработки на отказ  
в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2



Приложение Г  
(информационное)

Акт об использовании результатов диссертационной работы



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
образования  
«Уральский государственный  
лесотехнический университет»  
(УГЛТУ)

Сибирский тракт, д. 37,  
Екатеринбург, 620100.

Тел. (343) 254-65-06. Факс (343) 262-96-38.

E-mail: general@usfeu.ru  
ОКПО 02069243, ОГРН 1026605426814  
ИНН/КПП 6662000973/667201001

№ \_\_\_\_\_  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**АКТ**

**об использовании результатов диссертационной работы  
на тему «Повышение эффективности функционирования предприятий  
автомобильного пассажирского транспорта, работающих в условиях  
высокого уровня загрузки движением», выполненной Степановым  
Антоном Станиславовичем для представлении на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по научной специальности 05.02.22  
– организация производства (транспорт, технические науки)**

Настоящий акт свидетельствует о том, что основные научно-практические положения диссертационного исследования Степанова Антона Станиславовича с 01.09.2017 г. применяются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» при чтении курсов «Основы надежности и качества изделий», «Испытания автомобилей и тракторов и основы научных исследований» для студентов направления 23.03.02 – Наземные транспортно-технологические комплексы.

И.о. ректора



А.В. Мехренцев