

*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)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет» (ФГБОУ ВО «УГЛТУ»)

**Научный руководитель:** **Ковалев Рудольф Николаевич,**  
профессор кафедры экономики и экономической безопасности Уральского государственного лесотехнического университета, доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Грязнов Михаил Владимирович,**  
доктор технических наук, доцент,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра «Логистика и управления транспортными системами»  
**Димова Ирина Петровна,**  
кандидат технических наук, доцент,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганский государственный университет», кафедра «Организации и безопасности движения»

**Ведущая организация:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет»

Защита состоится 12 октября 2018 года в 10.00 на заседании диссертационного совета Д218.013.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66, ауд. Б2-15 – зал диссертационных советов.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» по адресу: 620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, д. 66 и на сайте <http://www.usurt.ru>.

Автореферат разослан «    » 2018 года.

Отзывы на автореферат, заверенные гербовой печатью, просим направлять в двух экземплярах по почте в адрес диссертационного совета Д218.013.02.  
Тел./факс: (343) 221-24-44. *E-mail: NSirina@usurt.ru.*

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор технических наук, доцент

Н.Ф. Сирина

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**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, происходит 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. Колегаев, 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 подобию, позволяет применять результаты исследований моделей на их аналогах. Исследованиями эффективности использования ПС, в т.ч. АПТ, посвящены работы М.В. Грязнова, И.П. Димовой, 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.

**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 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 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 работ 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 работы опубликованы в изданиях, входящих в «Перечень изданий, рекомендованных ВАК для публикации научных результатов диссертаций».

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка используемой литературы, содержащим 158 наименований. Содержит 104 страницы основного текста, включая 29 таблиц и 35 рисунков.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Введение** содержит обоснование актуальности темы исследования, степень ее разработанности, цель и задачи исследования, научную новизну, а также теоретическую и практическую значимость работы.

**В первой главе** рассмотрены теоретические аспекты надежности применительно к ПС АПТ. В ней, основываясь на работах А.Н. Островцева, Т. Андерсена, И.И. Базовского, А.М. Шейнина, Н. Дрейпера, последовательно проанализировано современное состояние теории надежности и сделан вывод о недостаточной проработке ее положений для случая эксплуатации ПС АПТ в условиях высокого уровня загрузки движением. Так, время наработки на отказ ПС АПТ в действующей нормативной литературе плохо согласуется с результатами исследований при уточнении специфики условий его эксплуатации. Подобного рода ошибки связаны с тем, что авторы при определении наработок до отказа и на отказ не используют данные случайных распределений, отражающие вероятность отказа как отдельных агрегатов ПС, так и всей системы узлов в целом. Стохастическая модель отказов в лучшем случае представлена нормальным распределением, что характерно для обычных (средних) условий эксплуатации, но не для движения в насыщенных транспортных потоках городов. Определение типа и характеристики распределений наработки на отказ как отдельных агрегатов ПС АПТ, так и для каждого отдельного элемента в агрегате в дальнейшем позволит объективно оценить безотказность транспортного средства в целом, эксплуатируемого в условиях высокого уровня загрузки движением.

**Во второй главе** выявлены и систематизированы возможные виды отказов ПС АПТ, работающего в условиях высокого уровня загрузки движением, их последствия и критичность. Проведенный анализ позволяет разработать управленческие решения по формированию региональных регламентов по системе ТО и Р ПС АПТ, обеспечивающих повышение надежности и эффективности его эксплуатации и АТП в целом в условиях современных вызовов и рисков.

Анализ практики работы АТП ПТ в условиях высокого уровня загрузки движением позволил установить перечень и распределение отказов по отдельным подсистемам ПС АПТ (рисунки 1, 2). Здесь необходимо уточнить, что в специальной литературе термин «отказ» подразумевает обязательное проведение того или иного вида ремонта с вложением материальных средств, что сразу исключает из данного определения прокол колеса, течь охлаждающей жидкости и топлива. Однако в практике АТП ПТ указанные неисправности имеют сильную корреляционную взаимосвязь с количеством сорванных рейсов, что приводит к значительной потере выручки от перевозки пассажиров и снижению рентабельности работы АТП (рисунки 3 и 4). Это обстоятельство говорит о необходимости отнести такие поломки к полноценным отказам и учитывать их при планировании. Поэтому в работе предлагается уточнить определение отказа для ПС АТП, осуществляющего перевозку пассажиров, т.к. даже при отсутствии материальных затрат на ремонт возможны существенные материальные потери предприятия в виде неполученной выручки (упущенной выгоды).

В работе статистическим путем установлено, что для условий высокого уровня загрузки движением наиболее характерны отказы системы охлаждения и течь охлаждающей жидкости (19 %), отказы двигателя внутреннего сгорания (15 %), прокол колеса (8 %). Данные отказы характерны именно для специфических условий насыщенного движения в коротком цикле «разгон-торможение» в транспортных потоках городов, в других условиях наблюдается иная картина.

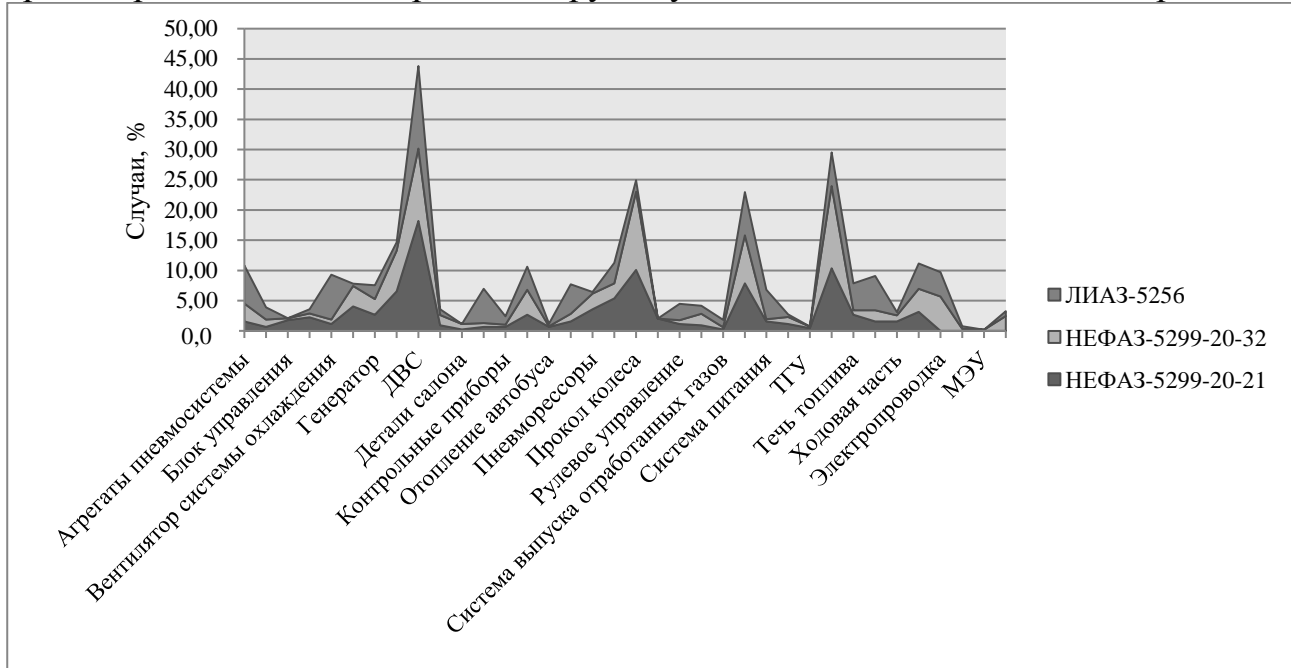


Рисунок 1 – Распределение отказов ПС АТП по маркам автомобилей

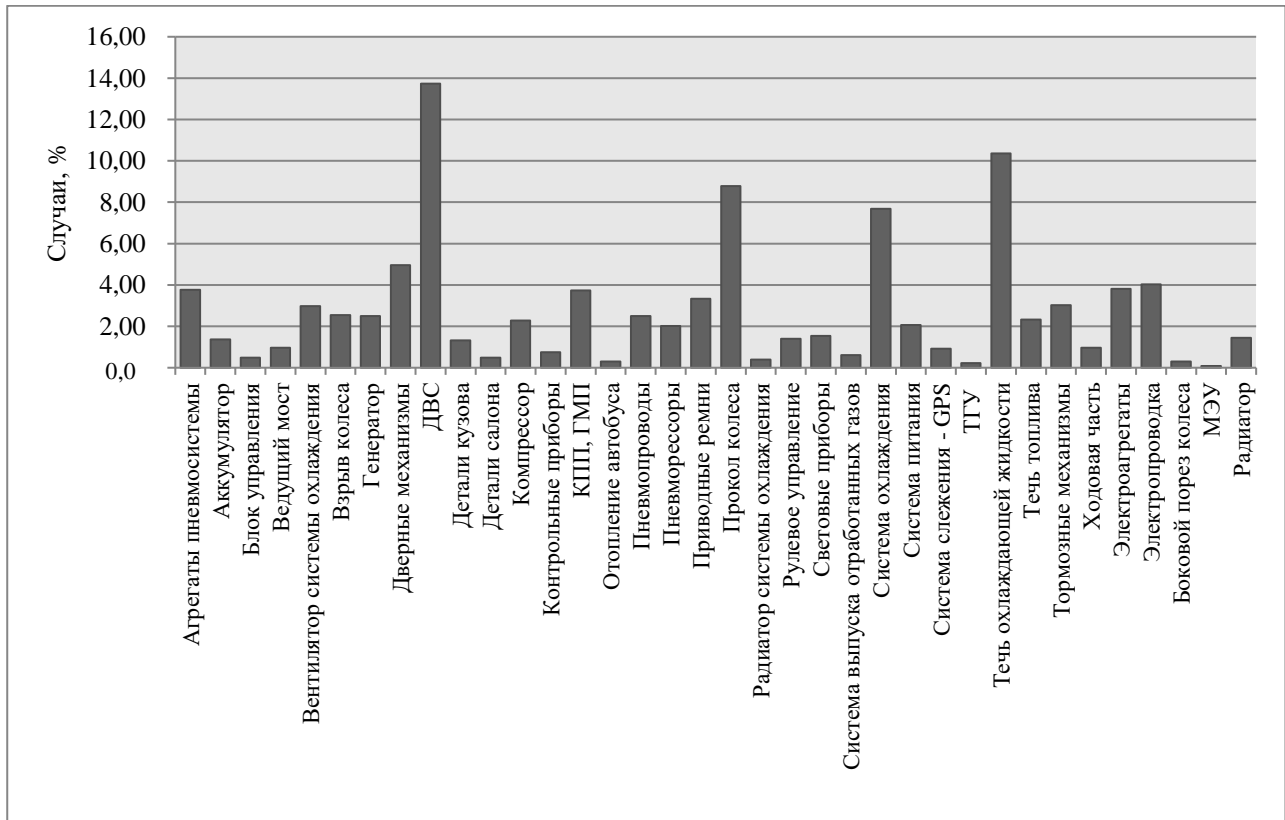


Рисунок 2 – Общее распределение отказов подсистем ПС АПТ





На основе анализов результатов деятельности ЕМУП МОАП Екатеринбурга определено, что одна единица ПС за день на линии в среднем проходит 183 км. Распределение пробега за день на линии для исследуемого АТП представлено на рисунке 7.

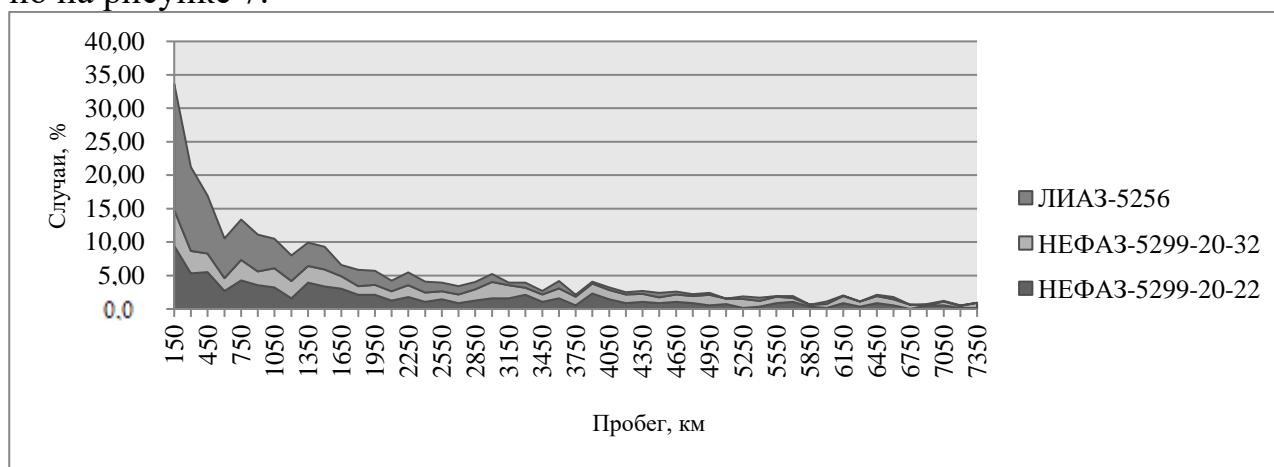


Рисунок 5 – Распределение отказов ПС АТП в зависимости от его общего пробега

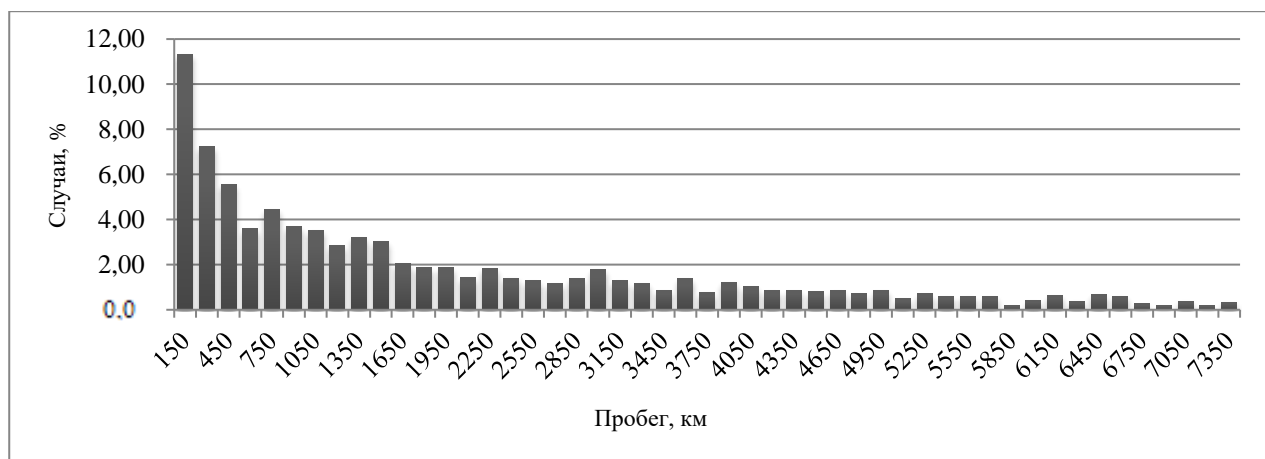


Рисунок 6 – Общее распределение отказов ПС АТП в зависимости от пробега

В качестве показателя, оценивающего тяжесть произошедшего отказа, предлагается принять количество сорванных рейсов на один отказ. Результаты обследования по данному показателю сведены в таблицу 2.

Таблица 1 – Результаты подбора вероятностного распределения для распределений отказов ПС АТП

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

\*Жирным шрифтом выделены случаи удовлетворительной сходимости.

На основании полученных результатов исследований рекомендуется алгоритм прогнозирования количества отказов и сорванных рейсов (рисунок 8). Реализация данного алгоритма проведена средствами пакета имитационного моделирования Anylogic. Для этого на основе полученных эмпирических распределений сформированы пользовательские функции и разработаны агенты. Использование данной модели позволило оценить перспективные затраты АТП на запасные части и потери выручки от сорванных рейсов.

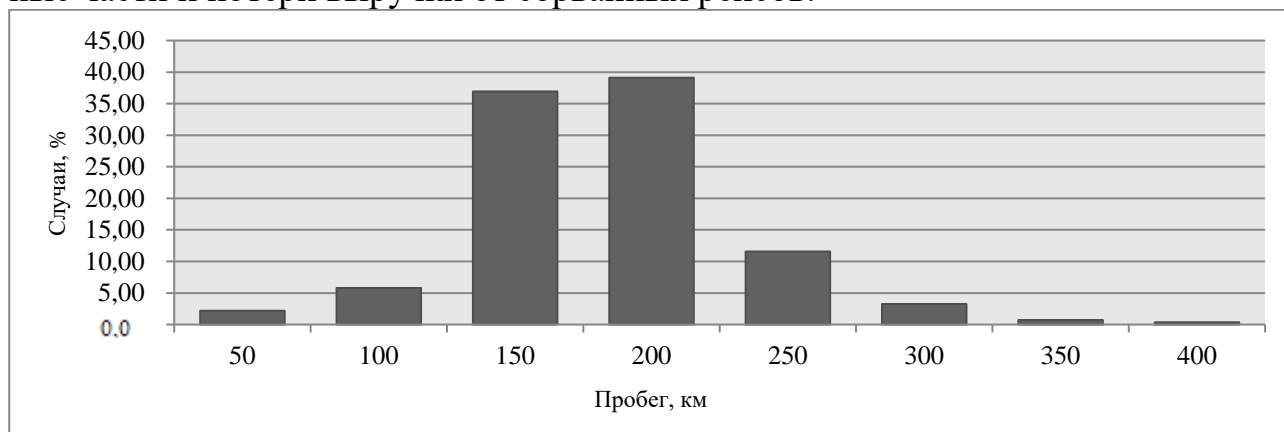


Рисунок 7 – Распределение суточного пробега одной единицы ПС АПТ

Таблица 2 – Оценка тяжести последствий отказов по подсистемам

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
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
Пневмопровода	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

Система (агрегат)	НЕФАЗ-5299-20-21	НЕФАЗ-5299-20-32	ЛИАЗ-5256	Общая тяжесть	Ранг
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

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

$$R = \frac{B-C}{C} = \frac{D_k \alpha_v \Pi_b \eta_{cm} q_n n_p n_a}{C} - 1 = \frac{R_{инв\ акт} + R_{инв\ пас} + R_{пр}}{100}, \quad (1)$$

где  $B$  – выручка, руб.;  $C$  – себестоимость, руб.;  $D_k$  – количество календарных дней;  $\alpha_v$  – коэффициент выпуска на линию;  $\Pi_b$  – цена билета, руб.;  $\eta_{cm}$  – коэффициент сменяемости пассажиров;  $q_n$  – номинальная вместимость автобуса;  $n_p$  – количество рейсов;  $n_a$  – кол-во автобусов;  $R_{пр}$  – минимальная необходимая для устойчивого функционирования АТП ПТ рентабельность в соответствии с «Методическими рекомендациями 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); 9,6 %;  $R_{инв\ акт}$  – инвестиционная составляющая рентабельности перевозчика с учетом обновления активной части основных средств (7,91 %), %;  $R_{инв\ пас}$  – инвестиционная составляющая рентабельности перевозчика с учетом обновления пассивной части основных средств (4,33 %), %.

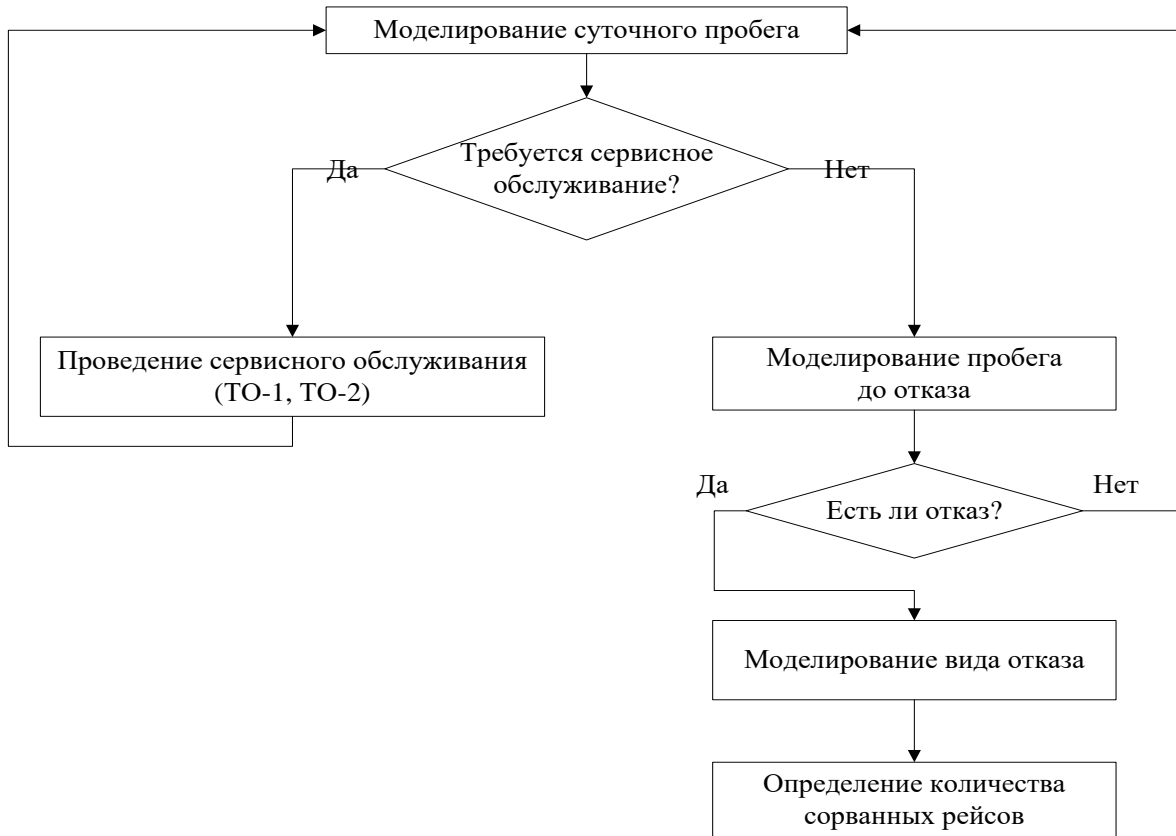


Рисунок 8 – Алгоритм прогнозирования количества отказов и сорванных рейсов

Таким образом, на примере рассматриваемого предприятия установлено, что требуемый уровень его рентабельности составляет 22 %. Отсюда, учитывая взаимосвязь коэффициента выпуска на линию и коэффициента технической готовности, получаем:

$$R = D_k \left( \frac{1 - \alpha_n}{1 + l_{cc} \frac{t_{np}}{x_{np}}} \right) \Pi_6 \eta_{cm} q_n n_p n_a / C = 1,22, \quad (2)$$

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

Сформулированное таким образом условие эффективного функционирования ПС АПТ и разработанная градация тяжести последствий отказов (таблица 2) в количестве пропущенных рейсов позволяют поставить задачу максимизации наработки на отказ при заданном уровне рентабельности:

$$\overline{n_{np}} = \frac{1,22 C l_{cc} t_{np}}{D_k \Pi_6 \eta_{cm} q_n n_p n_a (1 - \alpha_n) - 1,22 C} \rightarrow \max. \quad (3)$$

Реализация данного критерия методами имитационного моделирования позволяет установить пределы допустимого изменения наработки на отказ и, следовательно, эффективно планировать деятельность служб ТО и Р, оптимальные объемы закупки запасных частей. Также при определении периодичности ТО и Р в зависимости от пробега ПС сформирована часть алгоритма имитационного моделирования, осуществляющего в программном пакете Anylogic поиск их оптимальной периодичности путем перебора вариантов (рисунок 9). Предполагается, что при организации ТО и Р ПС производится тестирование подсистем, выявление наработок, величина которых больше критических, и своевременная замена данных подсистем и агрегатов. В случае же отказа должен осуществляться ТР. В дальнейшем его работа выполняется по алгоритму, представленному ранее (см. рисунок 8).

При проведении оптимизационного эксперимента средствами программного пакета Anylogic необходимо распределить подсистемы и возможные причины отказов по работам, производимым при ТО-1 и ТО-2. Исходя из этого агент моделирования дополняется алгоритмом, представленным на рисунке 10.

**В третьей главе** приведены результаты имитационного моделирования с использованием внутренних средств пакета Anylogic, в частности, пакета оптимизации Opt Quest. Для реализации оптимизации функционала (формула (3)) в каждом из агентов модели, представляющих собой единицу ПС АПТ выбранной марки, устанавливается ряд переменных, осуществляющих сбор данных по функционированию агента. В дальнейшем переменные группируются по маркам ПС и объединяются для всего парка ПС АПТ.

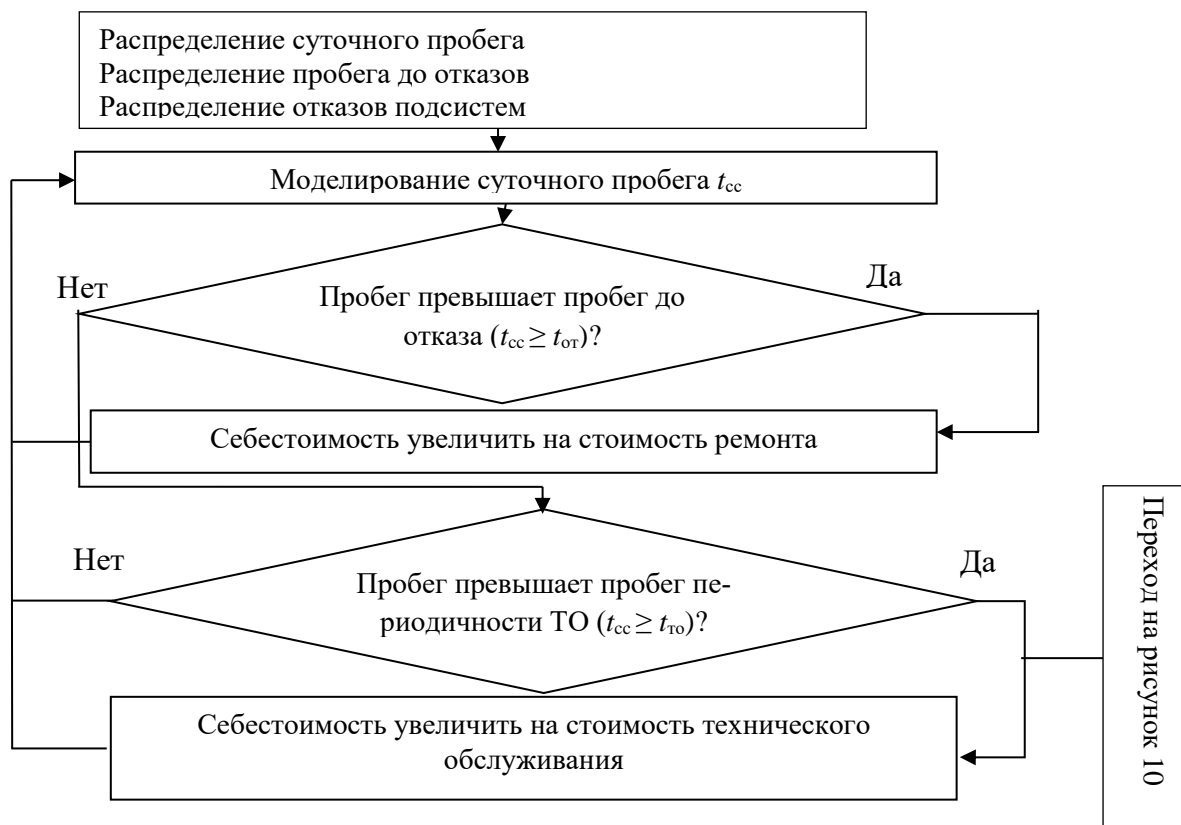


Рисунок 9 – Алгоритм подбора периодичности ТО и Р

Таким образом, задача моделирования состоит в нахождении всех возможных значений периодичности ТО при выполнении условия 22%-ной рентабельности. Моделирование при каждом изменении значений периодичности проведения ТО осуществляется на 300 рабочих дней. Результаты моделирования выгружаются в MSExcel с последующей обработкой и анализом.

Общая себестоимость перевозок:

$$C = C_{\text{фот.в}} + C_{\text{со.в}} + C_{\text{т}} + C_{\text{см}} + C_{\text{ТОиР}} + C_{\text{ш}} + C_{\text{а}} + C_{\text{общ}}, \quad (4)$$

где  $C_{\text{фот.в}}$  – затраты на заработную плату водителей и кондукторов, руб.;  $C_{\text{со.в}}$  – отчисления на социальные нужды, руб.;  $C_{\text{т}}$  – затраты на топливо, руб.;  $C_{\text{см}}$  – затраты на смазочные материалы, руб.;  $C_{\text{ТОиР}}$  – затраты на техническое обслуживание и ремонт, руб.;  $C_{\text{ш}}$  – затраты на ремонт и восстановление шин, руб.;  $C_{\text{общ}}$  – общехозяйственные затраты, руб.



Рисунок 10 – Дополнение к алгоритму моделирования агента ПС АПТ

Рентабельность составляет:

$$R = \frac{B-C}{C} = \frac{B}{C} - 1 = \frac{(B - \Pi_{от})}{C} - 1 = \frac{\left( L_{общ} \cdot B_{км} - \sum_{i=1}^n n_{от} \cdot r_{от} \cdot B_p \right)}{C} - 1, \quad (5)$$

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

Формула (5) адаптирована для целей моделирования и содержит выражение, учитывающее потерю выручки из-за произошедшего отказа.

**В четвертой главе** приводится анализ результатов компьютерного эксперимента. По результатам моделирования построены таблицы 3, 4, 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.

Таблица 3 – 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

Подбор зависимости и оценка коэффициентов регрессии представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Оценки коэффициентов регрессии зависимости наработки от пробегов до ТО-1 и ТО-2

Нарботка	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

Рисунки 11 и 12 демонстрируют зависимость величины наработки на отказ от нормативных пробегов ПС АПТ до ТО-1 и ТО-2.

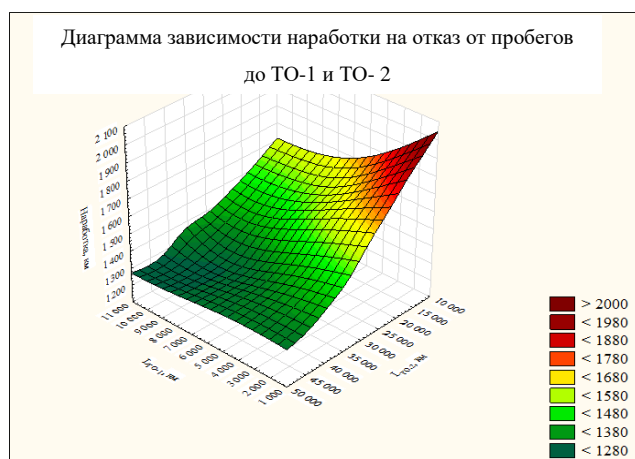


Рисунок 11 – Диаграмма зависимости наработки на отказ от пробегов до ТО-1 и ТО-2

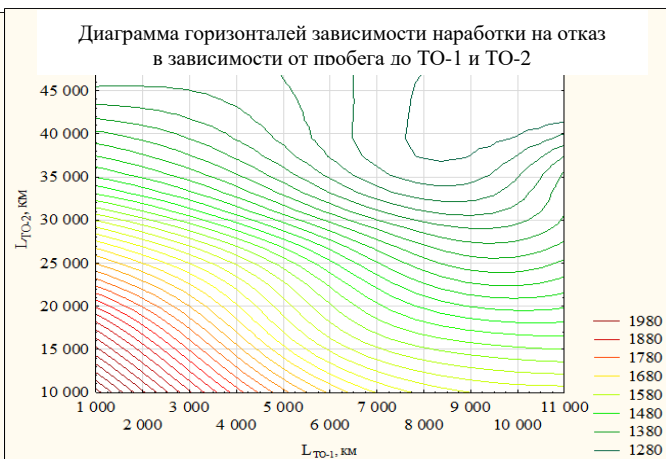


Рисунок 12 – Диаграмма горизонталей зависимости наработки на отказ в зависимости от пробега до ТО-1 и ТО-2

Рисунок 13 показывает, что 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. Чтобы поддерживать требуемый уровень рентабельности АПТ, рекомендуется выбрать для данного состава парка ПС и для стабильных условий 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.

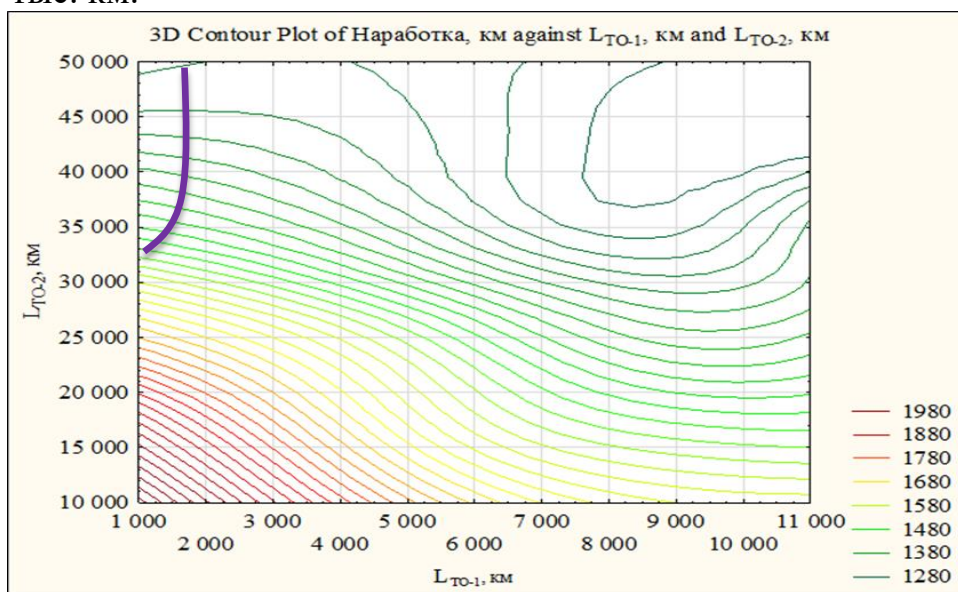


Рисунок 13 – Область решения задачи обеспечения требуемого уровня эффективности подвижного состава пассажирского автомобильного транспорта



В общем же случае, 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, наоборот, 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.

## 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, обеспечивающей устойчивую деятельность предприятия минимум на 9,6 %, а для целей обновления основных фондов данного предприятия – 22 %. Исходя из этого условия сформулирован критерий эффективности функционирования ПС АТП: критерий максимума наработки на отказ.

2. Установлено, что действующая нормативная литература морально устарела и не учитывает современные условия 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 указанных 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Публикации в изданиях из перечня рецензируемых научных журналов для опубликования основных научных результатов диссертаций:**

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

2. Степанов, А.С. Анализ технического состояния подвижного состава / А. С. Степанов, С.А. Черницын, Р.Н. Ковалев // Автотранспортное предприятие. – 2015. – №4. – С. 37–40.

3. Ковалев, Р.Н. 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.

**Научные публикации в прочих изданиях:**

4. 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.

5. Степанов А.С. Прогнозирование отказов подсистем автомобильного пассажирского транспорта // Транспортные и транспортно-технологические системы : м-лы Международн. научн.-технич. конф. – Тюмень : ТИУ.– 2016. – С. 287–292.

6. 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.

7. 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.

8. 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.

9. 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 Международн. науч.-техн. конф. – Екатеринбург, 2015. – С. 313–316.

10. 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.

11. 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.

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

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