ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

ТАЙСАЕВ КАЗБЕК КУЦУКОВИЧ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОХРАНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОБУСОВ

Специальность: 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, доцент
Терентьев Алексей Вячеславович

Санкт-Петербург – 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 5
1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В СТРУКТУРЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОБУСОВ 12
1.1 Анализ возрастной структуры парка автобусов в РФ 12
1.2 Анализ нормативно-технических требований и научных работ, посвященных повышению качества эксплуатации автобусов 20
1.2.1 Анализ нормативно-технических документов, регламентирующих требования к производству и эксплуатации автобусов в РФ 20
1.2.2 Анализ научных работ, посвященных повышению качества эксплуатации автобусов 29
1.3 Анализ современной структуры показателей технической эксплуатации, обеспечивающих эффективность эксплуатации автобусов 38
1.4 Выводы по первой главе 47
2 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОХРАНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОБУСА, КАК СИСТЕМНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ 49
2.1 Оценка влияния факторов социотехнической среды эксплуатации автобусов на комплексные показатели качества 49
2.2 Формирование подходов к модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов 55
2.3 Формализация параметров в модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов 59
2.3.1 Показатели ТО и ТР в модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов 59

2.3.2 Методы многокритериальной оценки в модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов 67
2.4 Структура критериев эффективности в модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов 74
2.5 Выводы по второй главе 79
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОХРАНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОБУСА 81
3.1 Алгоритм аналитического расчёта коэффициента сохранения эффективности автобусов 81
3.2 Разработка программного обеспечения методики определения коэффициента сохранения эффективности автобусов 91
3.3 Выводы по третьей главе 95
4 АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОХРАНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОБУСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СРЕДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАССАЖИРСКОГО АТП 97
4.1 Методика обработки и анализа экспериментальных данных исследуемого парка автобусов 97
4.2 Расчет технико-эксплуатационных показателей эффективности работы парка автобусов по применяемой и разработанной методике 106
4.3 Определение эффективности применения разработанной методики определения коэффициента сохранения эффективности автобусов 113
4.3.1 Применение технико-экономического критерия для определения экономической эффективности разработанной методики 113
4.3.2 Определение социальной значимости применения коэффициента сохранения при определении срока эксплуатации автобусов 117
4.4 Выводы по четвёртой главе 121
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 123
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ 125
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 126

ПРИЛОЖЕНИЯ 138
Приложение А. Показатели, характеризующие парк эксплуатационных автобусов в РФ 139
Приложение Б. Затраты, связанные с перевозочным процессом в пассажирском АТП 140
Приложение В. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ «Система многокритериальной оценки коэффициента сохранения эффективности автобусов» 141
Приложение Г. Статистические данные по маркам автобусов 142
Приложение Д. Расчёт производственной программы по ТО и ТР автобусов 144
Приложение Е. Определение доходов от эксплуатации автобусов 148
Приложение Ж. Документы, подтверждающие практическую значимость исследования 149

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. В автотранспортных предприятиях (АТП) РФ срок эксплуатации автобусов традиционно определятся величиной затрат на их коммерческую эксплуатацию, содержание и техническое обслуживание (ТО) при условии обеспечения нормативных требований надёжности, определяемых показателями работоспособности. При этом экономические показатели, такие как доходы от эксплуатации и рентабельность, являются определяющими при оценке срока эксплуатации автобусов. Применение данного подхода приводит к тому, что подавляющее количество автобусов в РФ не отвечают современным международным экологическим требованиям и требованиям обеспечения конструктивной безопасности, а также комфортабельности и удобства при перевозке пассажиров. Результатом этого является высокая вероятность тяжких последствий при совершении дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с участием автобусов, что приводит не только к значительному материальному, но и моральному вреду наносимого как отдельным гражданам, так и обществу в целом. Например, суммарный размер социально-экономического ущерба от ДТП с участием автобусов и их последствий в период с 2009 по 2019 годы составил более 7 млрд. рублей. То есть проблема соответствия автобусов современным техническим, экологическим и требованиям безопасности носит не только организационно-технический, но и социально-экономический характер. Важно отметить, что в настоящее время качественное обновление требований к системам технической оснащенности автобусов на основе достижений в области IT-технологий происходит не в течение десятилетий, а измеряется годами или месяцами. При этом около 78 % парка автобусов в РФ составляют автобусы с момента выпуска которых прошло более 5…7 лет, из них около 40 % эксплуатируются более 15 лет, а 25 % - более 20 лет. Поэтому задача определения показателей, определяющих соответствие свойств автобусов динамически изменяющимся требованиям внешней социотехнической среды является актуальной научно-технической проблемой, а её решение востребовано практикой.

Степень разработанности темы исследования. Решению задач технической эксплуатации автобусов в нашей стране посвящено большое количество научных трудов ведущих учёных и специалистов. Теоретические основы управления техническим состоянием автомобилей и практические положения контроля за соблюдением безопасных правил их эксплуатации разработаны в трудах Авдонькина Ф.Н., Аринина И.Н., Болдина А.П., Говорущенко Н.Я., Евтюкова С.А, Карташова В.П., Кравченко П.А., Захарова Н.С., Крамаренко Г.В., Кузнецова Е.С., Кудряшова Ю.А., Максимова В.А., Напольского Г.М., Постолита А.В., Резника Л.Г., Соколова В.С. Вопросам эффективности и оптимизации процессов технической эксплуатации автомобилей посвящены работы Лукинского В.С., Котикова Ю.Г., Прудовского Б.Д., Репина С.В., Терентьева А.В, Трофименко Ю.В. и др. авторов. Научные работы этих авторов составили базу для исследования.

Анализ научных работах по теме исследования показал, что при определении целесообразности эксплуатации автобусов применяются показатели технического состояния автобуса, а именно показатели работоспособности, то есть используется однокритериальная модель. Таким образом производится замена достаточно большого количества актуальных критериев, в том числе экологической и конструктивной безопасности единственным комплексным показателем эффективности. Поэтому необходима разработка более гибких многокритериальных математических моделей, позволяющих научно-обоснованно управлять состоянием эффективность автобус, адаптируя тем самым существующую методологическую базу ТЭА к современным требованиям, предъявляемым внешней социотехнической средой.

Цель исследования. Разработка методики определения коэффициента сохранения эффективности автобусов, позволяющей оценивать динамические изменения в многокритериальной структуре факторов внешней среды.

Задачи исследования:

1. Разработать иерархическую структуру задач в системе ТЭА, определяемых динамически изменяющимися факторами внешней среды эксплуатации.

2. Сформировать математическую модель определения коэффициента сохранения эффективности автобусов (КСЭ), позволяющую объективно оценивать многокритериальную структуру требований к показателям эффективности.
3. Разработать аналитический аппарат, определяющий характер изменения КСЭ автобуса в зависимости от пробега с начала его эксплуатации.
4. Разработать методику определения КСЭ автобусов, позволяющую оценивать соответствие автобусов требованиям условий среды эксплуатации.
5. Выполнить апробацию и технико-экономическое обоснование эффективности разработанной методики определения коэффициента сохранения эффективности автобусов.

Объект исследования – математическая модель изменения коэффициента сохранения эффективности автобусов при воздействии внешних социотехнических факторов среды эксплуатации.

Предмет исследования – методы многокритериальной оценки эффективности управляемых объектов в сложных организационно технических системах технической эксплуатации автобусов.

Рабочая гипотеза. Система ТЭА находится в динамическом состоянии, то есть под воздействием переменных факторов внешней среды. В этом случае прогнозируемые сроки эксплуатации автобуса в реальных условиях должны корректироваться не только с учётом традиционных коэффициентов корректирования, но и учётом изменения информационной составляющей внешней среды, определяемой вводимыми в действие новыми нормативными документами уже в процессе эксплуатации автобуса. Показателем, оценивающим степень влияния внешней среды на сроки службы автобусов, является КСЭ. Процесс изменения КСЭ представим в виде динамической системы с отдельными дискретными состояниями, на каждом уровне которой моделируются локальные задачи по формализованным критериям. Таким образом, формируется

динамическая система определения КСЭ с дискретными состояниями соответствующими определённым этапам (циклам) эксплуатации автомобиля.

Методы исследования. Для решения задач исследования применяются методы системного анализа, регрессионного анализа и корреляционного анализа, теория вероятностей и исследования операций, методы динамического и линейного программирования.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта:

- Пункту 2 - «Оптимизация планирования, организации и управления технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей, использования программно-целевых и логистических принципов»;
- Пункту 11 - «Закономерности изменения технического состояния автомобилей и агрегатов, технологического оборудования с целью совершенствования систем технического обслуживания и ремонта, определения нормативов технической эксплуатации, рациональных сроков службы автомобилей»

Научная новизна исследования заключается в достижении следующих результатов:

1. Разработана концепция применения КСЭ автобусов для определения эффективного срока эксплуатации.
2. Разработана структура динамической системы определения КСЭ с дискретными состояниями соответствующими определённым этапам (циклам) эксплуатации автомобиля.
3. Сформулированы аналитические модели определения КСЭ, как функции динамически изменяющихся факторов экологической, конструктивной безопасности и обеспечения требований комфортабельности.
4. Разработана аналитическая модель определения мощности влияния внешней среды на показатели эффективности эксплуатации автобусов

5. Разработана комплексная методика определения КСЭ автобусов, позволяющей определять сроки эффективной эксплуатации автобусов в динамически изменяющихся условиях среды эксплуатации.

Теоретическая значимость исследования заключается в том, что разработана новая аналитическая модель получения эффективных решений, позволяющая вырабатывать оптимальные значения коэффициента сохранения эффективности при ограничениях, определяемых динамическими изменениями социотехнической среды эксплуатации автобусов.

Практическая значимость диссертационного исследования заключается в следующем:

1) определены функциональные зависимости, отражающие изменения, вносимые КСЭ автобусов в сравнении с планируемыми значениями срока эксплуатации автобусов, определяемыми в соответствии с действующими нормативными документами.
2) разработаны алгоритм и программное обеспечение автоматизированного получения значений КСЭ.
3) разработана методика определения КСЭ, позволяющая оценивать динамические изменения факторов внешней среды эксплуатации автобусов, применимая в локальных системах ТЭА автотранспортных предприятий.

Практические результаты исследования могут быть использованы как частными, так и муниципальными АТП в целях эффективного управления типажом и возрастной структурой парка автобусов.

Положения, выносимые на защиту:

1. Иерархическая структура задач в системе ТЭА, определяемых динамически изменяющимися факторами внешней среды эксплуатации.
2. Математическая модель определения КСЭ автобусов, адекватно отражающая множественные требованиями к эффективности их эксплуатации.
3. Методика определения КСЭ автобусов, позволяющей оценивать динамические изменения факторов внешней среды эксплуатации автобусов.
4. Алгоритм автоматизированного получения значений КСЭ.

5. Технико-экономическое обоснование применения разработанной методики определения КСЭ.

Личный вклад автора. Все основные положения и разработки исследования, сформировавшие основу научно-методического подхода применения КСЭ в системах управления возрастной структурой парков автобусов и совершенствования существующих методик определения срока их эксплуатации, принадлежат автору.

Степень достоверности полученных результатов исследования подтверждается:

1) использованием методов системного анализа, системной инженерии, математического теорий вероятностей и теории принятия решений: векторной оптимизации динамического и линейного программирования;
2) отсутствием противоречий с ранее проводимыми исследованиями другими учеными по тематике технической эксплуатации автобусов и принятию решений в сложных организационно-технических системах
3) публикациями в рецензируемых изданиях ВАК РФ и в изданиях в ходящих в международные базы цитирования Scopus.

Апробация результатов. Основные положения и результаты исследования докладывались на конференциях: 77-я Научно-методическая и научно-исследовательская конференция МАДИ (г. Москва, 2019 г.); «Организация и безопасность движения дорожного движения в крупных городах», СПбГАСУ (Санкт-Петербург 2020 г.), «Информационные технологии и инновации на транспорте», ОГУ им. И.С. Тургенева (г. Орёл, 2020 г.).

Реализация результатов работы. Значимость результатов диссертационного исследования подтверждается:

1. Актом о внедрении в учебные программы ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».
2. Актом о внедрении в производство Ордена Трудового Красного Знамени акционерного общества «Первый автокомбинат» имени Г.Л. Краузе.

Публикации и патенты. Основные положения и результаты исследования опубликованы в 6-и научных статьях, в том числе в 4-х журналах, рецензируемых ВАК РФ и в 2-х изданиях, входящих в международные базы цитирования (Scopus и Web of Sciens), а также получено 1-но свидетельство государственной регистрации программ для ЭВМ.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация содержит: введение, 4-е главы, заключение, список литературы из 110 наименований и приложений. Работа изложена на 151 странице основного текста.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В СТРУКТУРЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОБУСОВ

1.1 Анализ возрастной структуры парка автобусов в РФ

Большинство автобусов в Российской Федерации в настоящее время эксплуатируются далеко за пределами их установленного ресурса или нормативного срока службы. Естественно, что подавляющее количество автобусов не отвечают международным экологическим требованиям и требованиям к техническому уровню обеспечения конструктивной безопасности. Следствием данного состояния является низкая техническая надежность автобусов и несоответствие их актуальным требованиям экологической, пассивной и активной безопасности - как результат, значительная вероятность совершения дорожно-транспортных происшествий (ДТП). Аварийность на автомобильном транспорте наносит не только большой материальный, но значительный и моральный вред как отдельным гражданам, так и обществу в целом. Например, суммарный размер социально-экономического ущерба по ориентировочным оценкам от ДТП и их последствий за последнее десятилетие составляет более 7 млрд. рублей [74]. То есть проблема соответствия автобусов современным техническим, экологическим и требованиям безопасности носит не только организационно-технический, но и социально-экономический характер и относится к области эффективности реализации сложных социотехнических систем.

Особенно актуальна данная проблема при определении сроков эксплуатации автобусов. В настоящее время процессы качественные обновления парка автобусов затронули около 5,7 % от общего количества подвижного состава, эксплуатирующего в РФ. Около 78 % парка автобусов составляют автомобили с момента выпуска которых прошло более 5…7 лет, из них около 40 % эксплуатируются более 15 лет, а 25 % - более 20 лет (рисунок 1.1).

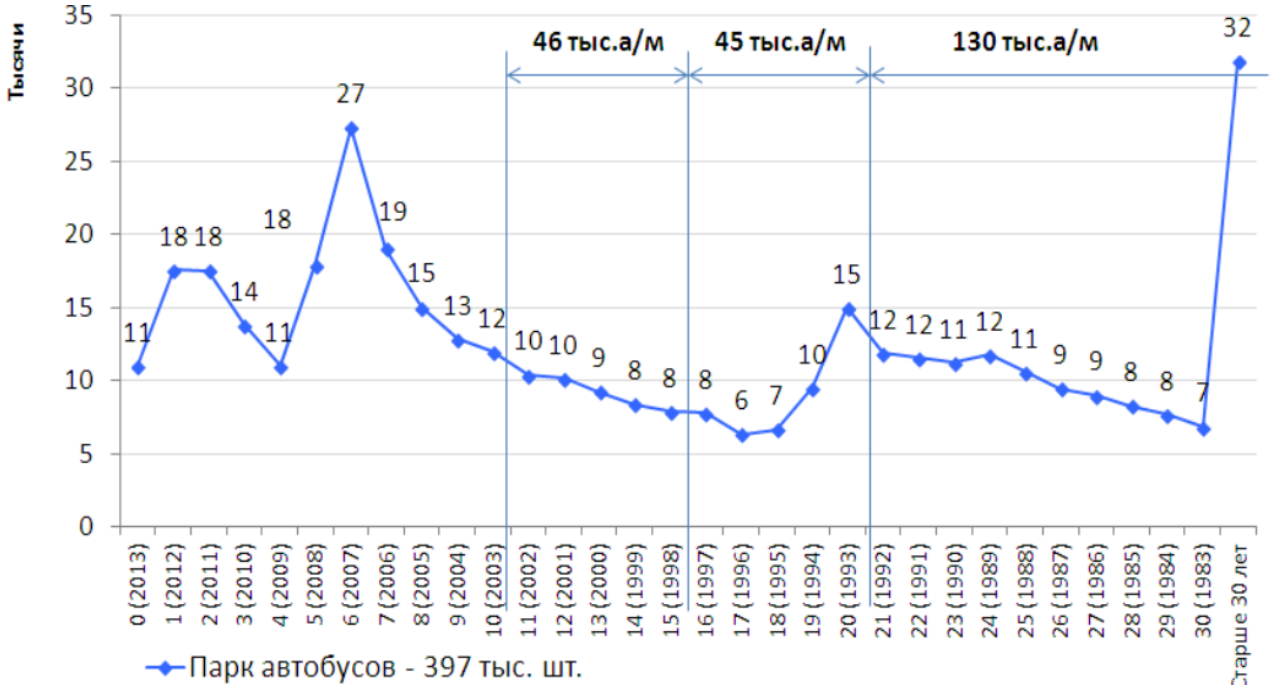


Рисунок 1.1 - Возрастная структура парка автобусов в РФ по данным ГИБДД [68]

Неслучайно в разрабатываемых поправках к Федеральному закону «О безопасности дорожного движения» в части определения максимальных сроков эксплуатации автобусов предлагается ввести норматив, определяющий предельные сроки (в годах) их эксплуатации [68]. Приведём данные из официального источника [41], а именно динамику изменения возрастной структуры парка автобусов в РФ за последние 15 лет. Подробные данные по структуре парка автобусов и количеству перевезённых пассажиров приведены в ***Приложении А*** [102].

Таблица 1.1 – Возрастная структура парка автобусов (на конец года; в процентах к итогу)

Возрастная группа автобусов	2005	2010	2015	2016	2017
До 5 лет	26,2	24,9	24,2	24,2	25,3
5,1…10	26,8	28,6	26,0	25,3	26,1
Более 10	47,0	46,5	49,8	50,5	48,6
Всего	100	100	100	100	100

Как видно из приведённых в табл. 1.1 практически отсутствует положительная динамика изменения возрастной структуры парка автобусов в РФ, несмотря на все усилия, предпринимаемые Правительством РФ в данном направлении, включая точечные программы по обновлению парка автобусов. Согласно статистическим данным приведённым аналитическим агентством «АВТОСТАТ» [76] по состоянию на конец 2019 года в РФ насчитывается 397,1 тыс. автобусов, при этом:

- средний возраст парка автобусов в РФ определяется в 15,5 лет, при этом 46% автобусов находится в возрастной группе более 15 лет;
- доля автобусов иностранного производства составляет около 27 % из общего числа;
- во владении юридическими лицами находится около 72 % из общего числа автобусов;
- количество дизельных автобусов составляет 46% ко всему парку автобусов;
- автобусы, соответствующие экологическому стандарту «Евро-4», (обязательному к исполнению на территории РФ) и выше не более 15 %.

Данных по распределению автобусов в количественном отношении и по типажу между регионами РФ приведены в табл. 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 - Данные по распределению автобусов в количественных показателях между регионами РФ [76].

Регион	Количество автобусов, тыс. ед
Москва	19,7
Краснодарский край	16,0
Московская область	14,6
Санкт-Петербург	13,7
Татарстан	13,2
Ростовская область	12,2
Иркутская область	11,7
Красноярский край	11,4
Новосибирская область	10,6
Свердловская область	10,1

Таблица 1.3 - Данные по распределению автобусов по типажу между регионами РФ [76]

Регион	Количество автобусов, тыс. ед
ПАЗ	**170,5**
КАвЗ	**54,7**
ЛиАЗ	34,4
Hyundai	16,2
ЛАЗ	13,1
НефАЗ	10,1
Ikarus	10,2
Mercedes	9,0
МАЗ	8,8
Daewoo	4,8

Анализ таблиц 1.2 и 1.3 показывает, что количественный состав парка автобусов распределён равномерно и в целом пропорционален численности населения регионов (табл. 1.2). Но в качественный состав парка автобусов (таблица 1.3), а это преобладающие количество автобусов ПАЗ и КАвЗ, не соответствующих современным требованиям экологической и конструктивной безопасности, не является оптимальным. Это обстоятельство является принципиальным, так регламенты ТО и ТР автобусов отечественно производства [53] отличаются от регламентов ТО и ТР автобусов иностранного производства [50] как по организации процессов, так и по составу технологических операций. Что в свою очередь имеет важное значение для формализации процессов обеспечения сохранения качества автобусов в процессе эксплуатации.

Между тем, приведённые данные являются усреднёнными для всей территории РФ. Естественно, что для основных агломераций РФ (г. Москва и г. Санкт-Петербург) данные значительно отличаются от средних данных в целом по стране. Рассмотрим состав парка автобусов на примере г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Численность парка автобусов г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области составляет 53% от общей численности парка автобусов Северо-Западного федерального округа и 5% парка Российской Федерации [82].

Основное структурное подразделение СПб ГУП «Пассажиравтотранс» автобусный парк №2 – одно из крупнейших автобусных предприятий города. В настоящее время парк автобусов АП №2 состоит из 378 автобусов большой и особо большой вместимости и 5-ти различных типов (рисунок 1.2)

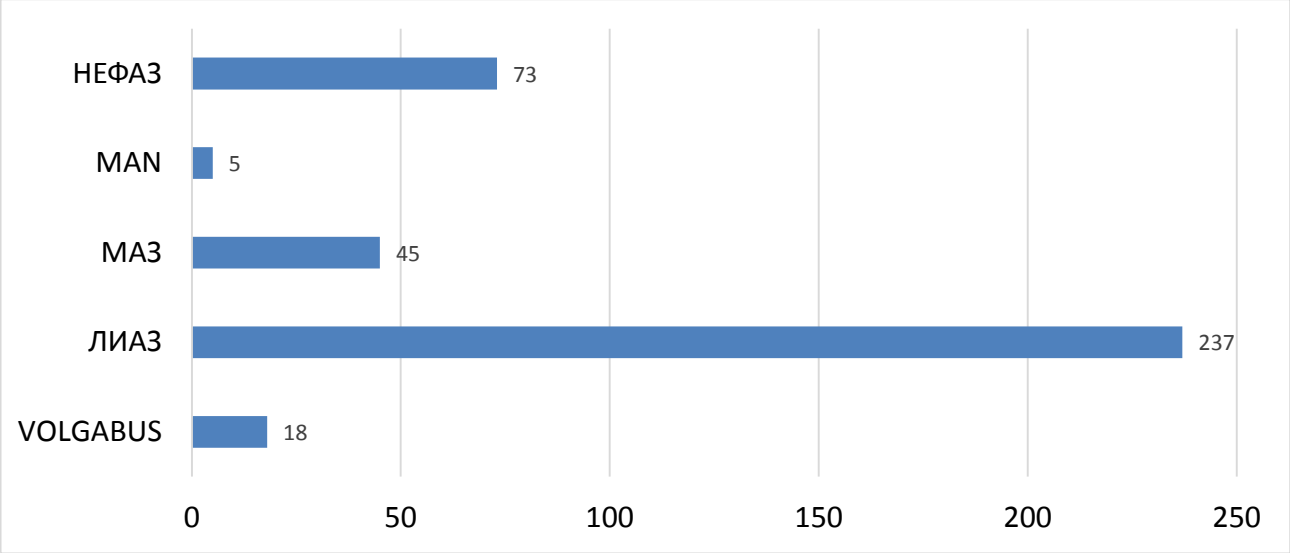


Рисунок 1.2 – Распределение автобусов по маркам АП №2 СПб ГУП «Пассажиравтотранс»

Большая часть автобусов АП №2 СПб ГУП «Пассажиравтотранс» произведена на территории стран СНГ и имеет незначительны средний возраст подвижного - 6 лет. Однако, более 55% автобусов имеют возраст более 7 лет и на предприятии отмечают, что это негативно сказывается н эффективности работы автобусного парка в целом. Согласно статистическим данным предприятия при увеличении срока эксплуатации автобусов в условиях г. Санкт-Петербурга до 10 лет затраты на их ТО и ТР и организационное сопровождение этих работ возрастают на 23 %. Распределение парка автобусов АП №2 СПб ГУП «Пассажиравтотранс» по возрастным группам представлено на рисунке 1.3, из которого следует, что приобретение и списание автобусов происходят неравномерно, что, естественно, усложняет процесс прогнозирование затрат на эксплуатацию автобусного парка. Например, большинство автобусов парка были приобретены в 2010 г при единовременной закупке. То есть управление возрастной структурой парка

автобусов производится не научно-обоснованных методах ТЭА, а исходя из финансовых возможностей предприятия.

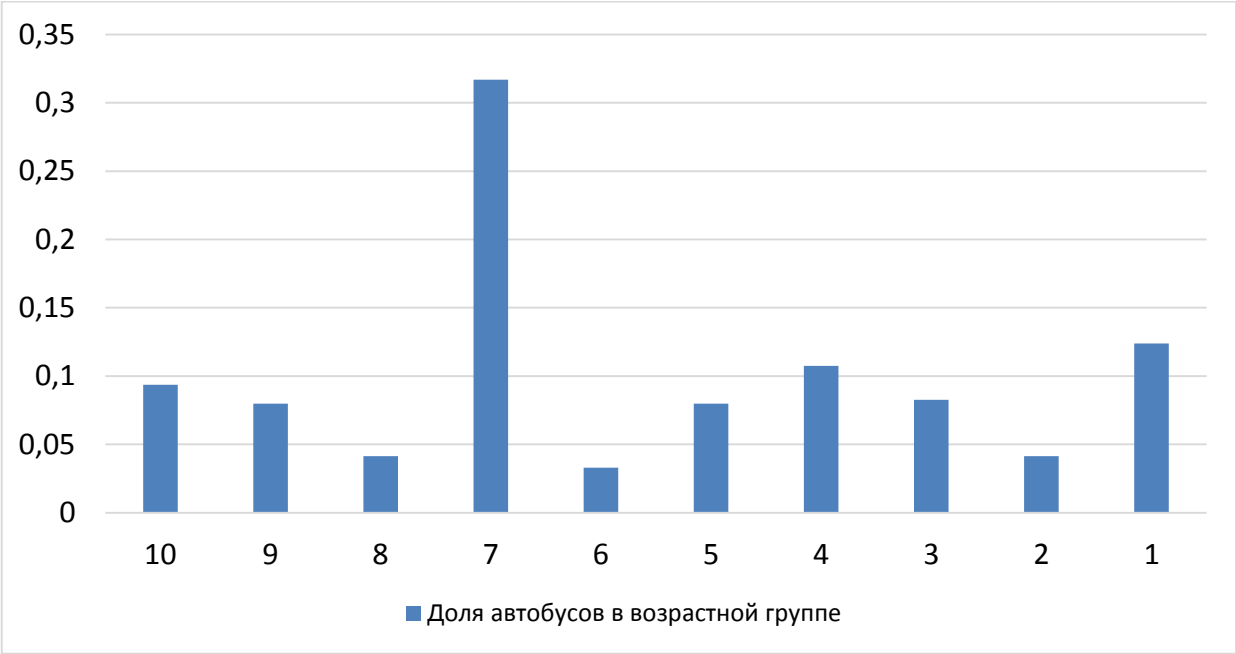


Рисунок 1.3 – Возрастная структура АП №2 СПб ГУП «Пассажиравтотранс» по данным на 2019 г.

Аналогичная ситуация характерна и для Ленинградской области. В частности, автобусный парк в г. Колпино является самым крупным автобусным АТП в Ленинградской области. Ранее АТП было филиалом ГУП «Пассажиравтотранс», но с 1 февраля 2014 года АТП «Колпинский автобусный парк» существует как самостоятельное подразделение. Сначала своего функционирования парка количество подвижного состава АТП «Колпинский автобусный парк» увеличилось на 70 единиц автобусов (на 01.02.2014 г. списочный состав составлял 147 единиц автобусов). В настоящее время в парке насчитывается 217 единиц автобусов. За весь период функционирования парка из эксплуатации было выведено всего 9 автобусов. Распределение моделей автобусов парка АТП «Колпинский автобусный парк» представлено на рисунке 1.4.

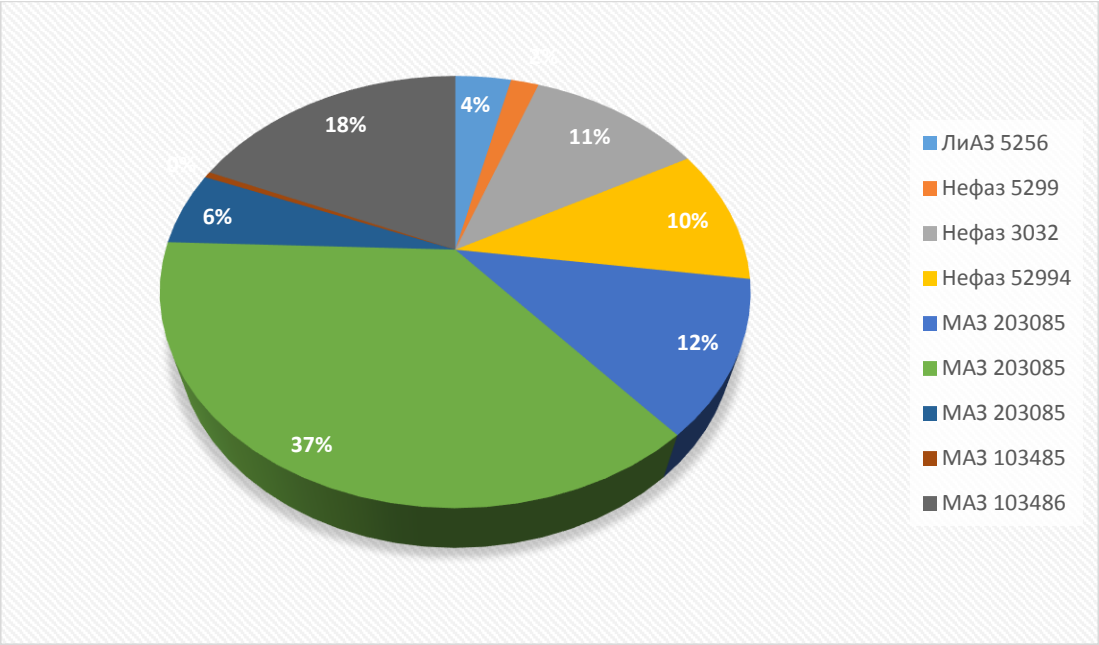


Рисунок 1.4 – Распределение моделей автобусов парка АТП «Колпинский автобусный парк»

Возрастная структура АТП «Колпинский автобусный парк» приведена на рисунке 1.5.

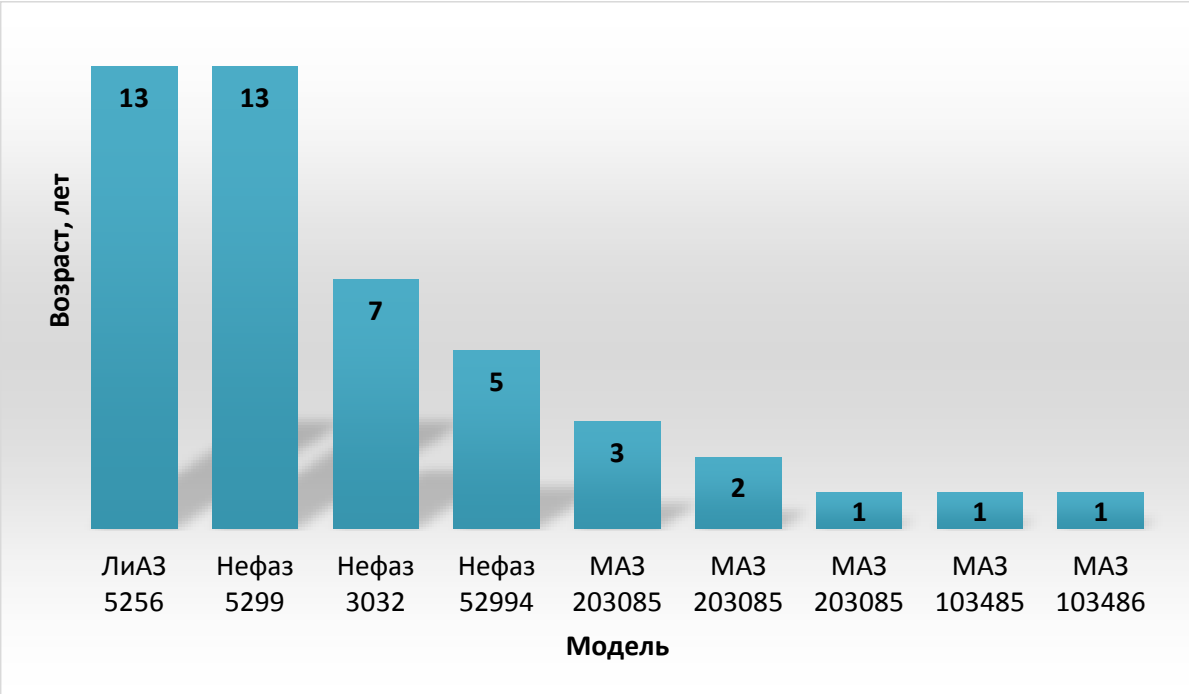


Рисунок 1.5 – Возрастная структура АТП «Колпинский автобусный парк» по состоянию на 2019 г.

Средний возраст в АТП «Колпинский автобусный парк» составляет 5,11 лет. Однако, более чем 17% подвижного состава находятся в возрастной группе от 7 до 13 лет, что негативно сказывается на эффективности эксплуатации автобусного парка в целом. Как уже отмечалось, при увеличении срока эксплуатации автобусов с 5 до 10 лет затраты на их ТО и ТР, а также капиталовложения в производственно-техническую базу (ПТБ) обслуживания увеличиваются на 15 – 23 %.

Анализ структуры АП №2 СПб ГУП «Пассажиравтотранс» и АТП «Колпинский автобусный парк» позволяет отметь положительную тенденцию к обновлению парка подвижного состава, с ориентацией на эксплуатацию автобусов не более 5-и моделей. Вновь приобретаемые автобусы отвечают современным требованиям обеспечения комфорту и безопасности перевозки пассажиров. Контракция двигателей обеспечивает экологическому класс «ЕВРО-5». Вместе с тем следует отметить, что приобретение и списание автобусов происходят неравномерно, то есть управление возрастной структурой парка автобусов производится не научно-обоснованных методах ТЭА, а исходя из финансовых возможностей предприятия.

Можно сделать выводы, что:

1. В крупных мегаполисах и агломерациях РФ происходит постепенное обновление парка автобусов, здесь их средний возраст не превышает 10 лет, но и эта цифра не позволяет говорить, что автобусы соответствуют актуальным социотехническим требованиям внешней среды их эксплуатации. Если же опираться на данные по всей стране, то можно сделать вывод о том, что в региональная возрастная структура парка автобусов находится в крайне неэффективном состоянии. В частности, данные таблицы 1.3 говорят о преобладающем количестве автобусов в РФ моделей ПАЗ и КАвЗ, а с учетом распределения удельного веса наличия новых автобусов (возврат 5-7 лет) в гг. Москва и Санкт-Петербург остаётся определить, что более 70 % регионального парка автобусов не обеспечивают должного сохранение необходимого качества эксплуатации.

2. Применяемые сегодня методики управления сроками эксплуатации автобусов и возрастной структурой парка подвижного состава в АТП разрабатывалась в конце прошлого века и в основе своей базируются на документе: «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта», утв. Минавтотрансом РСФСР 20.09.1984. с некоторыми последующими изменениями. Поэтому они не могут в полной мере соответствовать как существующему разнообразию возможных форм организации процессов ТО и ТР автобусов, так и увеличению интенсивности влияния социотехнических факторов внешней среды к требуемому качеству эксплуатации автобусов.

Научно-техническое решение проблемы состоит в разработке методики, позволяющей оценивать не только параметров работоспособности автобусов, но и продолжительность жизненного цикла сохранения качества, обеспечивающего их экологическую и конструктивную безопасность, комфортабельность и т.д.

1.2 Анализ нормативно-технических документов и научных работ, посвященных повышению качества эксплуатации автобусов

1.2.1 Анализ нормативно-технических документов, регламентирующих требования к производству и эксплуатации автобусов в РФ

Обеспечение надежности автобусов, их соответствие условиям эксплуатации и требованиям обеспечения качества пассажирских перевозок регламентировалось в СССР и в РФ на протяжении всего исторического периода развития автомобильной отрасли. Принятые в разное время нормативно-технические документы (НТД) отражают не только развитие научно-технического процесса в автомобилестроении и ТЭА, но и, нередко, различие в подходах отношения государства к столь значимой сфере деятельности, как обеспечение качества и безопасности перевозок граждан общественным транспортом.

В СССР последовательно вводились в действие [108]

1. ГОСТ 18507-731. Автобусы и легковые автомобили. Методы контрольных испытаний после капитального ремонта.
2. ГОСТ 24348-80. Автобусы городские и дальнего следования. Цветографические схемы. Общие технические требования.
3. ГОСТ 4.399-85. Система показателей качества продукции. Автобусы. Номенклатура показателей.
4. ГОСТ 27815-88 (Правила ЕЭК ООН N 36) Автобусы. Общие требования к безопасности конструкции (с Изменением N 1)

Последние два закона утратили силу действия в РФ в 90-е годы и не были возобновлены или в ведены в действие с изменениями. Что не удивительно, так как **действие данных законов категорически запрещало использование на регулярных маршрутах с поостановочным движением автомобилей класса «Газель» или однотипных с ними иномарок.**

В результате в течение 30-и последних лет для перевозки пассажиров в РФ массово применяются автобусы малой вместимости, абсолютно не обеспечивающие элементарных технических требований к безопасности пассажиров, но организации, их эксплуатирующие, преследуют единственную цель извлечению прибыли в ущерб качеству перевозок.

В последние годы наметилась положительная тенденция к устранению негативных появлений в техническом регламентировании использования автобусов. В настоящее время в РФ используется модель управления качеством, базируемая на требованиях стандарта ISO 9001, в котором сертифицированы стандарты системы менеджмента качества (СМК) [31]. Например, разработана серия стандартов СМК применимая к автомобилестроительной отрасли РФ:

1. ГОСТ Р 51814.1-2004 (ISO /TS 16949:2002) «СМК в автомобилестроении. Особые требования по применению».
2. ГОСТ Р 51814.2-2001 «СКА. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов».

3. ГОСТ Р 51814.3-2001 «СКА. Методы статистического управления процессами».
4. ГОСТ Р 51814.4-2004 «СМК в автомобилестроении. Одобрение производства автомобильных компонентов».
5. ГОСТ Р 51814.5-2005 «СМК в автомобилестроении. Перспективное планирование качества продукции и планы управления качеством».
6. ГОСТ Р 51814.7-2005 «СМК в автомобилестроении. Оценка систем менеджмента качества».

Основная направленность данных документов повышение нормативно-правовых требований и показателей, служащих для оценки соответствия автомобиля требованиям конструктивной безопасности, обеспечения безопасности дорожного движения (БДД), экологическим и санитарно-гигиеническим, требованиям среды эксплуатации. Несоответствие любой модели автомобиля единственному показателю, зафиксированному в действующих в настоящее время нормативно-правовых документах должно приводить к исключению данной модели из списка возможных для приобретения АТП для осуществления перевозок пассажиров. Отличительной особенностью нормативно-правового регулирования в сфере обеспечения требований к автомобилям, и в особенности к автобусам, в течение последних десятилетий является значительное внимание к обеспечению комфорту и безопасности людей, перевозимых автобусами. В связи с этим нормативно-технические требования ограничивают предельно допустимые значения показателей негативного воздействия при нахождении внутри АТС. Особое внимание уделяется обеспечению безопасности перевозок детей и инвалидов. В частности с 1 апреля 2017 года приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 июня 2016 г. N 662-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 33552-2015 введен в действие в качестве национального стандарта введен в действие Межгосударственный стандарт ГОСТ 33552-2015 «Автобусы для перевозки детей. Технические требования и методы испытаний» [28].

Рассмотрим современные требования к соблюдению эргономических показателей автобусов исходя из ГОСТ Р 41.36-2004 «Единообразные предписания, касающиеся сертификации пассажирских транспортных средств большой вместимости в отношении общей конструкции» [30]. Данный документ устанавливает эргономические требования к салонам пассажирских автобусов, вмещающих 22 человека и долее. В соответствии с Федеральным законодательством автобусы вместимостью более 22 человек должны обеспечивать возможность перевозки пассажиров-инвалидов, в том числе и в индивидуальных колясках. Данные требования введены впервые и являются проявлением активизации влияния социума на требования качеству эксплуатируемых в РФ автобусов. Специфические требования к автобусам в части перевозки пассажиров-инвалидов устанавливает документ [29]. В этих документах подробно отражены специфические требования к автобусам. Минимальное число дверей автобуса должно равняться двум, однако, при эксплуатации сочлененного автобуса в каждой секции автобуса должна быть как минимум одна служебная дверь. Доступ к служебным дверям должен осуществляется через свободное пространство внутри салона автобуса у боковой стенки, в которой расположена дверь. В это пространство должен свободно проходить в вертикальном положении специальный шаблон как показано на рисунке 1.6 (размеры приведены в см).

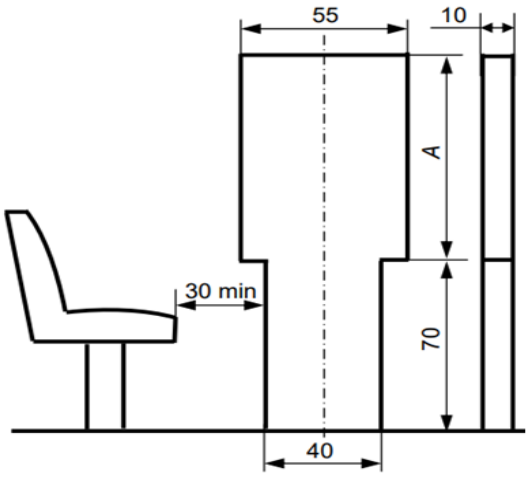


Рисунок 1.6 – Доступ к служебным дверям автобуса
(А – высота альтернативного шаблона, A_{min} = 85 см)

Помимо этого, проходы в салоне автобуса должны быть выполнены таким, чтобы обеспечить свободное перемещение контрольного устройства, состоящего из двух соосных цилиндров и перевернутого усеченного конуса между ними, как показано на рисунке 1.7 (размеры указаны в см).

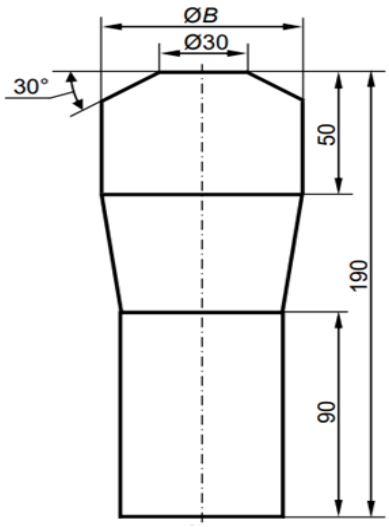


Рисунок 1.7 – Проходы (B_{min} = 40 см)

Размеры максимальной высота и минимальной и максимальная глубина ступенек служебных и аварийных дверей и внутри салона автобуса приведены на рисунке 1.8 (все размеры приведены в см).

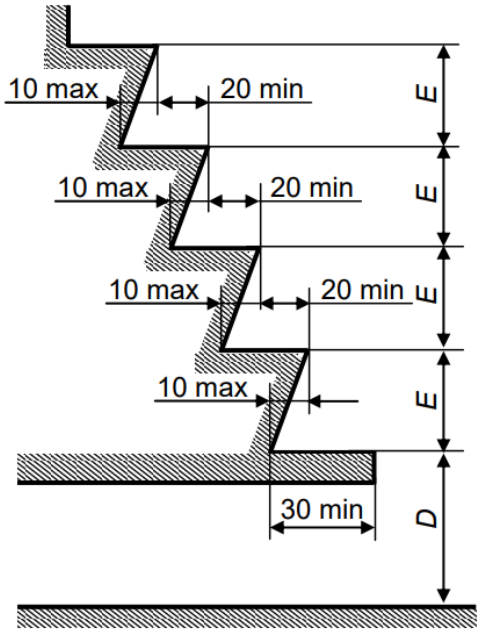


Рисунок 1.8 – Ступеньки в салоне автобуса (D_{max} = 43 см, E_{min} = 12 см)

Таким образом, введение в действие документов [38,29,30,31] регламентирует выделение ряда показателей эргономичности автобуса в качестве независимого критерия обязательного к учёту при принятии решения об эксплуатации автобуса. Но наличие данных документов не означает, то что они неукоснительно выполняются АТП на практике.

В первую очередь, это объясняется тем, что большинство руководителей частных АТП, осуществляющих пассажирские перевозки, просто не соответствующим уровнем квалификации, а в самих АТП отсутствуют службы, отвечающие за исследование и внедрение в практику современных НТД.

Во-вторых, правила применения того или иного действующего стандарта устанавливаются статьями того или иного Федерального закона. В частности, применение документа [31] определяется статьёй 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. N 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации», а соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в - на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru). Но в настоящее время отсутствует Федеральный закон, реализация которого целенаправленно определяла единую совокупность НТД в области обеспечения качества перевозки пассажиров наземным колесным транспортом как совокупности актуальных требуемых свойств: безопасность, комфортабельность, эргономичность, надёжность и эклогичность.

Обеспечение последнего из перечисленных свойств (экологичности) определяется ужесточением требований внешней среды к конструкции двигателя и агрегатов автомобилей и автобусов в сторону уменьшения вредных воздействий на окружающую среду, снижение уровня шума, как внешнего, так и внутреннего [34].

В странах ЕС последнее ужесточение экологических норм произошло 01.09.2015 года, когда закрыли производство автомобилей, не отвечающих нормам стандарта «Евро-6». Напомним, что в нашей стране пока обязателен к исполнению стандарт «Евро-4», а стандарт «Евро-5» номинально введен с 01.01.2014 года, но

практике его применение невозможно, так в этом случае придется запретить эксплуатацию 90% парка автомобилей в РФ. Естественно, технически сложные и насыщенные электронным оборудованием агрегаты и системы обеспечения экологической безопасности автомобиля усложняют его конструкцию, повышают его стоимость и затраты на ТО и текущий ремонт. Решению задач, эксплуатационной эффективности автобусов, развития процессов ТО и Р в нашей стране посвящено достаточно большое количество научных и методических трудов учёных и специалистов в области ТЭА. Основы теоретические управления техническим состоянием автобусов и практические положения контроля соблюдения технических требований их эксплуатации разработаны в трудах Авдонькина Ф.Н., Аринина И.Н., Кузнецова Е.С., Максимова В.А., Прохорова В.Н., Бондаренко В.А., Прудовского Б.Д., Поживилова Н.В. и многих других, [15, 47, 48, 55, 70, 73] но в последние десятилетия активно изменяется нормативная база обеспечения качества эксплуатации автобусов. В частности, продолжает развиваться нормативных-правовая база документов, регламентирующих и повышающих требования к основным свойствам автомобиля, таким как надёжность и конструктивная безопасность. В последние десятилетние вступили в силу ряд документов:

1. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки и др. [67].
2. ГОСТ 27.002 – 2015. Надежность в технике. Термины и определения [32]
3. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств». Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г.
4. Правила проведения технического осмотра транспортных средств. Утверждены Постановлением Правительства РФ от 5 декабря 2011 г. № 1008 «О проведении технического осмотра транспортных средств».

С учётом развития нормативно-технической базы и совершенствования узлов и агрегатов автомобиля сегодня уже безусловно определяется качество автомобиля, как совокупностью отдельных свойств, которые необходимо

учитывать, как самостоятельные критерии. Например, в [57] определяется, что «при эксплуатации АТС объективно необходимы несколько систем эксплуатационных требований к безопасности к АТС, каждая из которых «привязана» к определенным технологическим возможностям и условиям проверок…». Поэтому требования к безопасности автомобилей, а особенно к автобусам, должны классифицироваться по локальным эксплуатационным свойствам (рисунок 1.9), учитываемых как отдельные критерии качества автобусов.

Рисунок 1.9 - Классификация требований к эксплуатационным свойствам АТС

Поэтому если комплексно оценивать структуру параметров качества автобусов в соответствии с современным нормативно-правовым показателям и достижениями научно-технического процесса то её можно представить в виде схемы (рисунок 1.10)

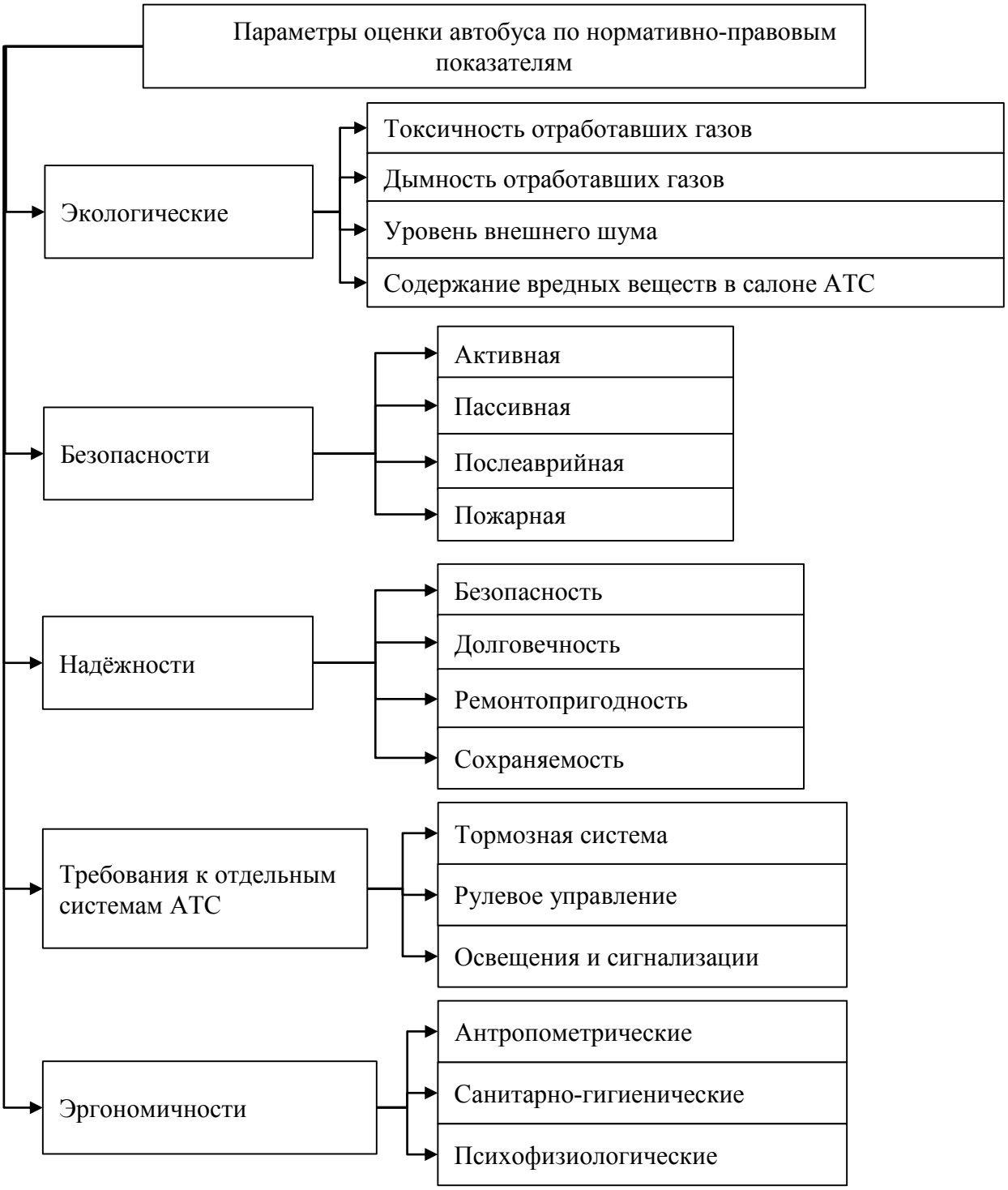


Рисунок 1.10 – Комплекс параметров оценки автомобиля в соответствии с современной нормативно-правовой базой

1.2.2 Анализ научных работ, посвященных повышению качества эксплуатации автобусов

Рассмотрим, каким образом отражены изменения в существующей структуре параметров оценки автобуса в соответствии с требованиями нормативно-правовой базы в ряде научных исследований. Как правило, для определения технического состояния автобуса и заключения о его эффективности и работоспособности применяются однокритериальные модели. В частности, в работе [40] разрабатывается методика определения ресурса городских автобусов. В качестве целевой функции определения ресурса автобуса определяется минимум удельных затрат на содержание и эксплуатацию автобуса:

$$\mathrm{C}_{\text{уд}} = \frac{\sum \mathrm{C}_{i\text{б}}}{W_{\text{а}}} \rightarrow min \tag{1.1}$$

где $\sum \mathrm{C}_{i\text{б}}$ – общие затраты на эксплуатацию автобусов, тыс. руб.

$W_{\text{а}}$ – производительность автобуса, пасс. км.

А в качестве комплексного показателя, отражающего техническое состояние автобуса, применяется коэффициент технического использования (КТИ), определяемый, как:

$$\mathrm{K}^{\text{ти}} = \frac{\mathrm{M}^{\text{ф}}_{\text{м.ч.р.}}}{\mathrm{M}^{\text{пл}}_{\text{м.ч.р.}}}, \tag{1.2}$$

где $\mathrm{M}^{\text{ф}}_{\text{м.ч.р.}}$ – количество выполненных машино-часов фактической работы за рассматриваемый промежуток времени;

$\mathrm{M}^{\text{пл}}_{\text{м.ч.р.}}$ – количество плановых машино-часам работы автобусов за этот же промежуток времени.

Далее по определённому плановому значению КТИ рассчитываются значения показателей технической эксплуатации автобусов: время эксплуатации до списания, пробег автобуса до списания, суммарные затраты на ТО и ремонт, а также затраты на ТО и ремонт автобуса с учетом стоимости, приведенные к времени эксплуатации и пробегу автобуса (1000 км)

Проведенные в работе исследования приводят к основному выводу, определяющим стратегию списания автобусов, а именно: «Основным недостатком существующих методов является отсутствие учета эксплуатационных доходов, на базе которого формируется теоретическая модель реализации целевой функции определения ресурса городских автобусов» [40]. А в качестве результата работы предлагается новая теоретическая модель, позволяющая увеличивать срок эксплуатации автобусов при наличии определённого уровня доходов (рисунок 1.11).

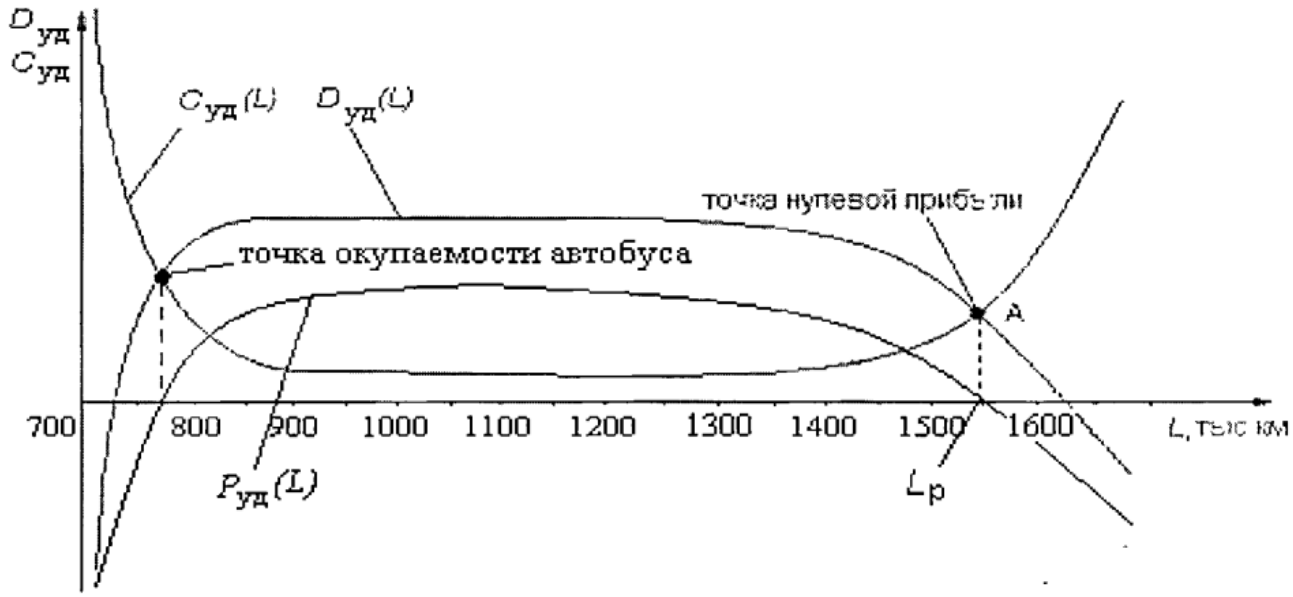


Рисунок 1.11 - Теоретическая модель реализации целевой функции определения ресурса городских автобусов [40], где:

$C_{уд}(L)$ – зависимость затрат на эксплуатацию автобуса от пробега (тыс. км):

$D_{уд}(L)$ – зависимость доходов от эксплуатации автобуса от пробега (тыс. км):

$P_{уд}(L)$ – зависимость доходов от эксплуатации автобуса от пробега (тыс. км):

$L_р$ – результат определения ресурса автобуса (тыс. км):

Таким образом производится подмена достаточно большого количества необходимых критериев, определяющих качество эксплуатации автобусов в современных условиях единственным комплексным экономическим показателем. В результате мы видим, что в соответствии с рисунком 1.11 планируемый срок эксплуатации автобуса может быть увеличен с 800 тыс. км. до 1550 тыс. км. Нетрудно предположить, даже проводя соответствующих расчётов, в каком техническом состоянии будет эксплуатировать автобус с пробегом свыше 1 млн. км. При этом срок эксплуатации в годах увеличиться в 2…2,5 раза с учётом неизбежной необходимости увеличения значений показателя удельная трудоёмкость ТО и ТР.

Поэтому однокритериальная экономическая модель не может быть использована при формировании автобусных парков, так как не учитывает перечисленные выше социотехнические требования эксплуатации городских автобусов: комфортабельность и безопасность перевозки пассажиров, экологическое и безопасное состояние транспортного средства и др. Но данный подход рассматривается неоднократно. В работе [69] приведён аналогичный подход, лишь более детально анализируются затраты на эксплуатацию автобусов (рисунок 1.12).

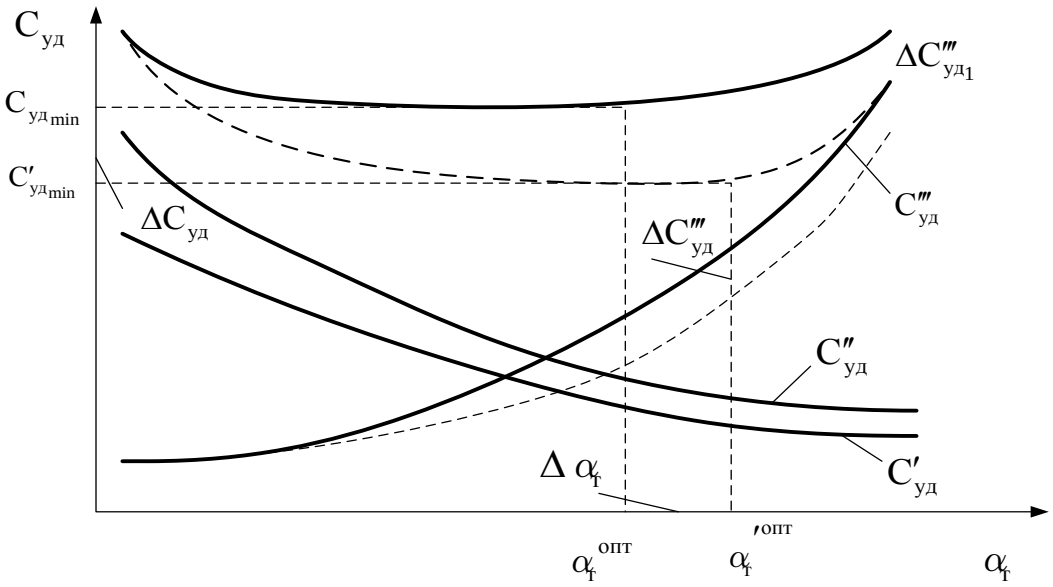


Рисунок 1.12 -. Оптимизационная функция суммарных затрат на единицу производительности автобусов [69]

На основании выполненных в исследовании разработок устанавливаются рекомендуемые оптимальные сроки эксплуатации для городских автобусов модели ЛиАЗ, эксплуатирующихся на момент написания работы в городе Москве (рисунок 1.13).

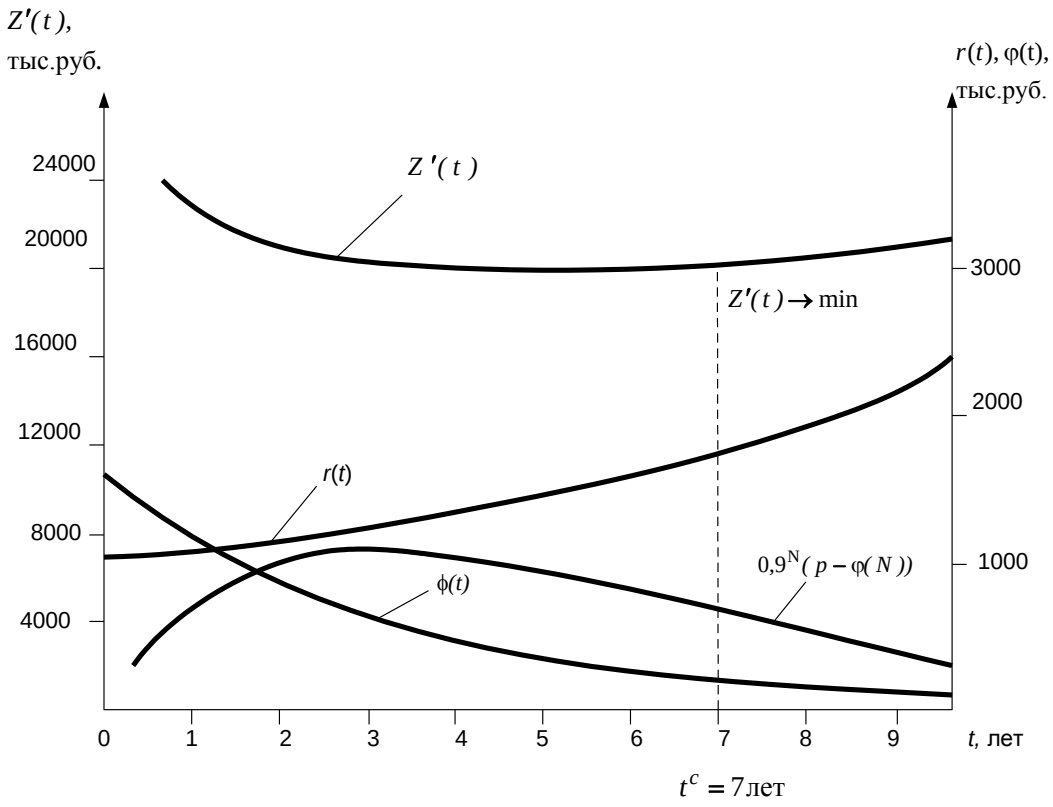


Рисунок 1.13 - Функции приведенных затрат для определение рекомендуемого оптимального срока эксплуатации автобуса ЛиАЗ [69]

Преимуществом работы [69] по сравнению с [40] является обоснованное применение методов динамического программирования в целях качественного и количественного отражения изменения значений целевой функции в процессе увеличения срока эксплуатации автобусов.

Минимум общих затрат за весь срок эксплуатации автобуса, определяется, по формуле:

$$Z = \frac{1}{1-\alpha^N}\{r(0) + \alpha r(1) + \cdots \alpha^{N-1} r(N-1) + \alpha^N [p - \varphi(N)]\} \qquad (1.3)$$

где α - дисконтирующий множитель;

N - шаги, соответствующие году списания автобуса;

r – затраты на эксплуатацию автобусов, тыс. руб./год;

φ - стоимость автобуса (остаточная), тыс. руб.;

p - стоимость автобуса (исходная), тыс. руб.

Принципиальным противоречиями между данными подходами к определению срока эксплуатации автобусов и существующими тенденциями в развитии социотехнических требований общества и государства к качеству подвижного состава, выполняющие регулярные пассажирские перевозки на общественном транспорте в РФ следующее:

1) только экономические показатели не могут являются доминантой в определении качества перевозок, когда речь идет о безопасности и комфортабельности предоставляемых услуг;
2) целеполагание системы показателей, оценивающих качество эксплуатации автобусов в РФ должна определять не только эффективностью процессов ТО и ТР автобусов, но и соответствия технического состояния автобусов социальным потребностям общества.

В ряде работ помимо экономических критериев для оценки эффективности АТС рекомендуют учитывать производительность работы подвижного состава. При этом применяется комплексный показатель, состоящий основного измерителя (годовые приведенные затраты на перевозки, величина которых слагается из эксплуатационных расходов и эффекта от использования капитальных вложений) и дополнительный (годовая производительность работы АТС)

$$З_П = C_Э + \frac{Е_Н(К - Ц_Л)\cdot 100}{W_Г}, \qquad (1.4)$$

где $С_э$ – эксплуатационные затраты;

К – капитальные вложения (КП);

$Ц_Л$ – стоимость автобуса при списании;

$W_Г$ – годовая производительность АТС.

В формуле (1.4) $E_Н$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений устанавливается с учетом их срока окупаемости. Для расчетов коэффициента эффективности капитальных могут быть приняты оценки стоимости капитала на рынке. Но на практике при приобретении автобуса АТП ориентируются в основном на его цену и, что часто приводит к неправильному решению. При этом, если у приобретённого автобуса низкий уровень технической надёжности и большие эксплуатационные затраты, его применение может оказаться неэффективным. В [83] была разработана следующая теоретическая методика выбора рациональной модели АТС и структуры подвижного состава АТП, определяющая эффективность не только отдельного АТС, но совокупную оценку эффективности использования АТС в АТП Формирование общей математической модели эффективности АТП базируется на принципах системного анализа. В качестве системы определяется АТП (рисунок 1.14).

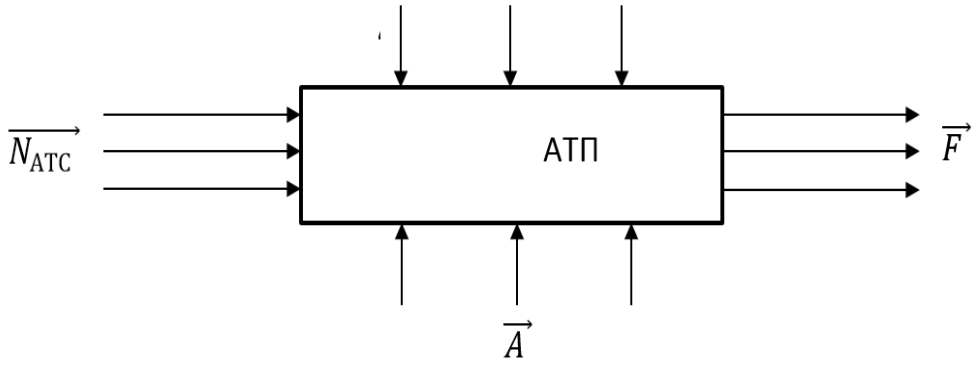


Рисунок 1.14 – Схема взаимосвязи показателей эффективности АТП со структурой подвижного состава

Общая совокупность целевых функций образует вектор полезного эффекта, определяемого в виде:

$$\overrightarrow{F} = \{f_1, f_2, \ldots, f_n\}, \tag{1.5}$$

где f_i – стоимость транспортной операции i-й группы АТС, $i=1\ldots n$.

Вектор изменяемых (варьируемых) параметров системы составляют АТС:

$$\overrightarrow{N_{\text{АТС}}} = \{N_1, N_2, \ldots, N_n\}, \tag{1.6}$$

где N_i – количество АТС в i-й группе.

Вектор внешних возмущений, действующих на АТП, характеризует транспортную работу, выполняемую АТС:

$$\Delta\overrightarrow{L} = \{\Delta L_1, \Delta L_2, \ldots, \Delta L_n\}, \tag{1.7}$$

где ΔL_i – изменение транспортной работы i-й группы АТС.

Вектор внутренних фиксированных параметров определяется затратами на содержание АТС:

$$\overrightarrow{A} = \{a_1, a_2, \ldots, a_n\}, \tag{1.8}$$

где a_i – затраты на содержание i-й группы АТС.

Показатель, который характеризует эффективность функционирования АТП – год стоимость единицы транспортной операции, определяемый как:

$$F = \frac{З_{\text{общ.}}}{L_{\text{общ.}}} = \frac{З_1 + З_2 + \ldots + З_n}{L_{\text{общ.}}}, \tag{1.9}$$

где $З_{общ.}$ – затраты АТП на эксплуатацию АТС;

$L_{общ.}$ – транспортная работа, выполняемая АТС в целом по АТП;

$З_i$ – затраты на эксплуатацию i - й группы АТС.

Соответственно, доля затрат *i*-й группы АТС в общих затратах АТП определяется, как

$$f = \frac{З_i}{L_{общ.}}. \quad (1.10)$$

Тогда затраты на эксплуатацию *i*-й группы АТС определяются по формуле:

$$З_i = N_{АТС_i} \cdot [k_в \cdot C_{1_i}^{пр} \cdot Ф_{пр} + k_в \cdot C_{1км_i}^{x} \cdot L_{x_i} + k_в \cdot C_{1пасскм_i}^{пр} \cdot Q_i \cdot L_{г_i} + 0{,}01 H_{s_i} \cdot L_{x_i}(1 + 0{,}01D) + З_{см_i}^{L_x} + З_{см_i}^{L_г} + 0{,}01(H_{s_i} \cdot L_{г_i} + H_{w_i} \cdot L_{г_i}) \cdot (1 + 0{,}01D) + n_{ш_i} \cdot H_{р_i} \cdot (L_{x_i} + L_{г_i}) + З_{ТО\ и\ ТР_i}^{уд} \cdot (L_{x_i} + L_{г_i}) + H_{a_i} \cdot S_i] = N_{АТС_i} \cdot a_i \quad (1.11)$$

где N_{ATCi} – количество АТС *i*-й группы;

a_i – фиксированный внутренний параметр *i*-й группы;

$k_в$ – коэффициент соотношения количества водителей на АТС;

$C_1^{пр}$ – часовая тарифная ставка водителя при простое *i*-го АТС;

$Ф_{пр}$ - годовой фонд времени простоя АТС;

$C_{1км}^{x}$ – стоимость одного километра при холостом пробеге *i*-го АТС;

L_{x1} – холостой пробег *i*-го АТС;

Q_i – объём работы за ездку *i*-го АТС;

$L_{гi}$ – производительный пробег *i*-го АТС,

S_i – стоимость *i*-го АТС;

$C_{1ткм}^{x}{}_i$ – часовая тарифная ставка водителя *i*-го АТС;

H_{Si} – базовая норма расхода топлива *i*-го АТС;

D – надбавка к расходу топлива учитывающая условия эксплуатации;

H_{wi} – расход топлива *i*-го АТС при выполнении транспортной работы;

$П_{смi}$ – норма расхода смазочных материалов *i*-го автомобиля;

$n_{шi}$ – количество шин *i*-го АТС;

$H_{расшi}$ – норма расхода шин *i*-го АТС;

H_{ai} – норма амортизации *i*-го АТС.

Тогда, учитывая выражения (1.9 – 1.11) целевая функция оптимизации структуры АТС АТП, приобретает вид:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{n} N_{\mathrm{ATC}_i} \cdot a_i}{\sum_{i=1}^{n} L_i} \to min \tag{1.12}$$

$$N_{\mathrm{ATC}_i} \geq 0;$$

$$a_i = Const;$$

$$\sum_{i=1}^{n} L_i \to max; i = 1 \cdots n.$$

где L_i – транспортная работа, выполняемая i-й группой подвижного состава.

Далее в исследовании используется метод оптимизации по чувствительности показателей. Реализация метода оптимизации по чувствительности предполагает определение функции чувствительности АТП с последующей процедурой оптимизации. В результате применения данного метода определяются коэффициенты, для оценки значимости которых используется модель Парето-Лоренца (рисунок 1.14).

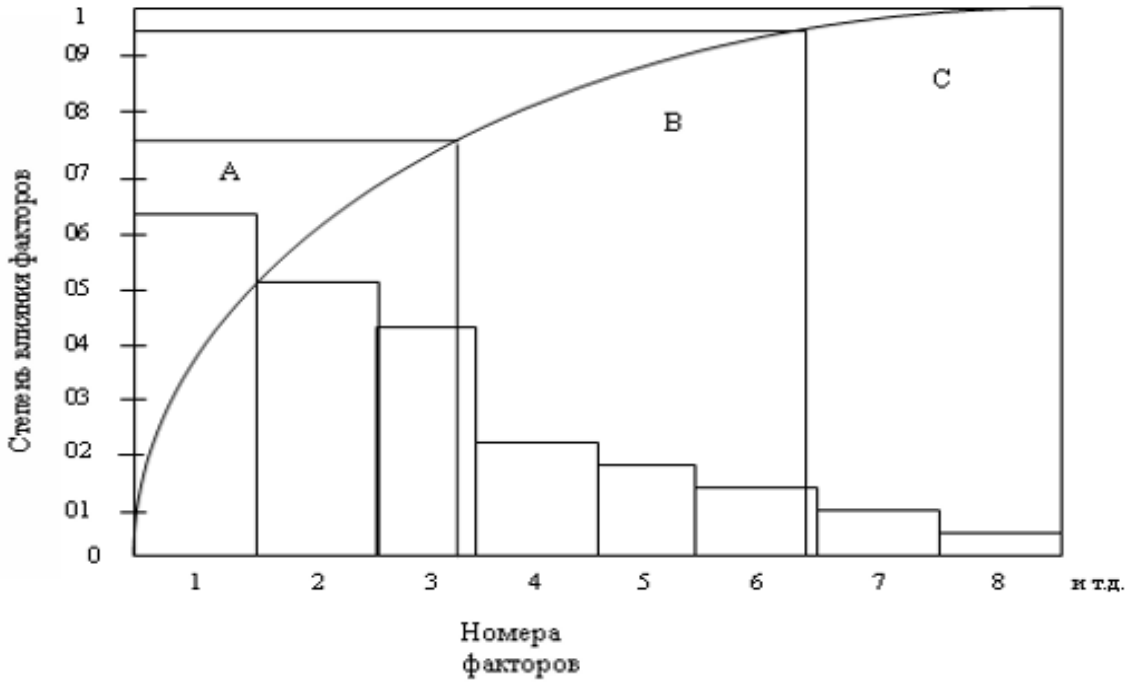


Рисунок 1.14 – Метод Парето-Лоренца

Реализация данного метода предполагает ранжирование коэффициентов относительного влияния каждого фактора по убыванию значимости коэффициентов. При этом выделяется группа факторов (А), которая оказывает 75 % влияния на общий итоговый показатель, и группа факторов (В), в которой факторы оказывают 25 % влияния. Далее метод предполагает отсеивание наименее существенных факторов, что вносит неточность в полученный результат. При этом, неточность применения метода значительно возрастает с увеличением количества факторов.

Рассмотренная выше модель предполагает возможность учёта вектора внешних возмущений, действующих на АТП к которым можно отнести и возмущения, вызываемые изменением социотехнических требований к качеству АТС, но именно в этой работе в качестве возможных возмущений определяется только, возмущения, действующие только на показатели транспортной работы, выполняемой АТС.

1.3 Анализ современной структуры показателей технической эксплуатации, обеспечивающих эффективность эксплуатации автобусов

Применяемая сегодня система показателей качества ТЭА была сформирована сформировалась в 80-е годы XX-го века и на тот момент времени явилась времени прогрессивной формой определения работоспособности автомобилей и отражала основные тенденции в стратегии развития автотранспортной отрасли в СССР. Но смена экономических формаций развитие научно-технического прогресса произвели существенные изменения в организационных подходах и технологиях, применяемых для оценки надежности и качества современных автобусов. Что нашло свое отражение в основных нормативно-технических документах [33,61].

Основными показателями, определяющими надёжность или работоспособность автобусов, могут служить, следующие показатели:

- коэффициент готовности (КГ),
- коэффициент технического использования (КТИ),
- коэффициент оперативной готовности (КОГ);
- коэффициент неготовности (КНГ);
- и коэффициент сохранения эффективности (КСЭ).

Тем менее в настоящее время в АТП применяется традиционный подход, основанный на базовых положениях [65]. Рассмотрим данный подход, реализуемый в АП №2 СПб ГУП «Пассажиравтотранс» и АТП «Колпинский автобусный парк». Показатели надёжности рассчитываются в целях определения производственной программы работ ТО и ТР автобусов, то есть определяется количество и трудоемкость воздействий технического обслуживания ТО (ЕО, ТО-1, ТО-2, СО), ТР, КР автобусов и их агрегатов.

В основу данного расчета положены нормативы [65], корректируемые с учетом условий эксплуатации. Определяется периодичность ТО-1(L_1), ТО-2 (L_2), пробег автобуса до КР ($L_К$) и пробег автобуса за цикл ($L_Ц$). Определяется число ТО за цикл ($N_ц$):

$$N_{\text{ЦТО2}} = \frac{L_{\text{Ц}}}{L_2}, \quad N_{\text{ЦТО1}} = \frac{L_{\text{Ц}}}{L_1} - N_{\text{ЦТО2}} \tag{1.12}$$

где $N_{\text{ЦТО}}$ – количество соответствующих видов ТО за цикл, ед.

Определяется число ТО, приходящиеся один автобус ($N_Г$) за год и коэффициент перехода от цикла к годовому пробегу $\eta_Г$

$$N_{\text{Г}} = N_{\text{Ц}} \cdot \eta_{\text{Г}}, \ \eta_{\text{Г}} = {L_{\text{Г}}}/{L_{\text{К}}} \tag{1.13}$$

Определяется общее число ТО для парка автобусов. Здесь применяются коэффициенты выпуска автобусов ($\alpha_{\text{в}}$) и технической готовности (КТГ) - аналоги КТИ и КГ, и с использованием значения среднесуточного пробега ($l_{\text{сс}}$) в км.

$$L_{\text{Г}} = 365 \cdot \text{а}_{\text{в}} \cdot l_{\text{сс}} \,. \tag{1.14}$$

Для расчёта ($\alpha_{\text{в}}$) применяются величины вероятностей перехода автобуса из одного состояния в другое определяемые через состояния автобуса:

$Д_{ц}$ - время цикла, (дн.);

$Д_{э}$ - время эксплуатации (дн.);

$Д_{н}$ - время простов по организационным причинам, (дн);

$Д_{р}$ - время цикла, (дн);

$Д_{ц}$ - время нахождения в ТО и ремонте цикла, (дн);

$$Д_{ц} = Д_{э} + Д_{н} + Д_{р}, \tag{1.15}$$

Тогда КВ определяет долю календарного времени, когда автобус (парк) выполняет транспортную работу на линии:

$$a_{\text{в}}(\text{автобус}) = \frac{Д_{э}}{Д_{р}+Д_{н}+Д_{э}} = \frac{Д_{э}}{Д_{ц}}, \tag{1.16}$$

$$a_{\text{в}}(\text{парк}) = \frac{АД_{э}}{АД_{р}+АД_{н}+АД_{э}} = \frac{АД_{э}}{АД_{ц}}, \tag{1.17}$$

где АД - количество автобусов в зафиксированном состоянии смен или дней.

Коэффициент технической готовности ($\alpha_{\text{т}}$) определяет долю рабочего времени, когда автобус (или парк) исправен:

$$a_{\text{т}}(\text{автобус}) = \frac{Д_{э}}{Д_{р}+Д_{э}}, \tag{1.18}$$

$$a_{\text{т}}(\text{парк}) = \frac{\text{АД}_{\text{э}}}{\text{АД}_{\text{р}}+\text{АД}_{\text{э}}}, \quad (1.19)$$

Коэффициент нерабочих дней ($\alpha_{\text{н}}$) определяет долю календарного времени, когда автобус или группа автобусов, находящиеся в работоспособном состоянии не используется по назначению в транспортном процессе:

$$a_{\text{н}}(\text{автобус}) = \frac{\text{Д}_{\text{н}}}{\text{Д}_{\text{ц}}}, \quad (1.20)$$

$$a_{\text{н}}(\text{парк}) = \frac{\text{АД}_{\text{ц}}}{\text{АД}_{\text{ц}}}, \quad (1.21)$$

То есть КТГ единственный показатель, определяющий работоспособность автобуса и автобусного парка.

$$\frac{a_{\text{в}}}{a_{\text{т}}} = \frac{\text{Д}_{\text{э}}+\text{Д}_{\text{р}}}{\text{Д}_{\text{р}}+\text{Д}_{\text{н}}+\text{Д}_{\text{э}}} = \frac{\text{Д}_{\text{ц}}-\text{Д}_{\text{н}}}{\text{Д}_{\text{ц}}} = 1 - \frac{\text{Д}_{\text{н}}}{\text{Д}_{\text{ц}}} = 1 - a_{\text{н}}, \quad (1.22)$$

откуда

$$a_{\text{в}} = a_{\text{т}}(1 - a_{\text{н}}), \quad (1.23)$$

Коэффициент выпуска (КВ) зависит от КТГ и коэффициента наличия нерабочих дней, а учёт данных коэффициентов определяет вклад отдельных подсистем ТЭА АТП в эффективность транспортный процесса, через результативные показатели и производительность работы автобусов и, соответственно автобусных парков ($W_{\text{а}}$) и парка ($W_{\text{ап}}$).

$$W_{\text{а}} = 365 \cdot a_{\text{т}}(1 - a_{\text{н}}) \cdot q \cdot K_{\text{н}} \cdot \gamma \cdot l_{cc}, (\text{пасс. км/год}), \quad (1.24)$$

где q - номинальная вместимость автобуса, (пасс.);

$K_{\text{н}}$- коэффициент наполнения автобуса;

γ - коэффициент использования пробега автобуса;

$K_{\text{н}}$- среднесуточный пробег автобуса.

Для парка автобусов

$$W_{\text{ап}} = W_a \cdot \text{А}_{\text{И}}, (\text{тыс. км/год}) \quad (1.25)$$

где $\text{А}_{\text{И}}$ – количество автобусов по инвентарным спискам, ед.

Продолжительность эксплуатационного цикла автобуса (дн) зависит от величины планируемого пробега (км) или наработки ($\text{L}_{\text{К}}$) за цикл и величины ($l_{\text{сс}}$).

$$\text{Д}_{\text{э}} = \frac{L_{\text{К}}}{l_{\text{сс}}} \quad (1.26)$$

Нормирование величины простой на ТО и ТР за цикл определяется в соответствии с регламентами [65] в виде удельной величины простоя автобуса в ТО и ТР $(\text{Д}_{\text{тотр}})$ дней на /1000 км пробега. Связь величины КТГ с показателем $(\text{Д}_{\text{тотр}})$ определяется следующим выражением:

$$\frac{\text{Д}_{\text{р}}}{\text{Д}_{\text{э}}} = \frac{\text{Д}_{\text{тотр}} \cdot l_{cc}}{L_K} = B_p \cdot l_{cc}, B_p = {\text{Д}_{\text{р}}}/{L_{\text{к}}} \quad (1.27)$$

где B_p- величина удельных простоев за цикл автобуса во всех видах ТО и ТР, дн./1000 км.

Показатель (B_p) определяет влияние на КТГ вместе с показателями интенсивности перевозочного процесса ($l_{cc}, \text{Т}_{\text{н}}, V_{\text{э}}$), то есть на уровень работоспособности автобусного парка.

$$a_{\text{т}} = \frac{1}{1+B_p \cdot l_{cc}} = \frac{1}{1+B_p \cdot T_{\text{н}} \cdot V_{\text{э}}}, \quad (1.28)$$

где $V_{\text{э}}$ – расчётная эксплуатационная скорость, км/ч;

$\text{Т}_{\text{н}}$- продолжительность времени наряде, ч.

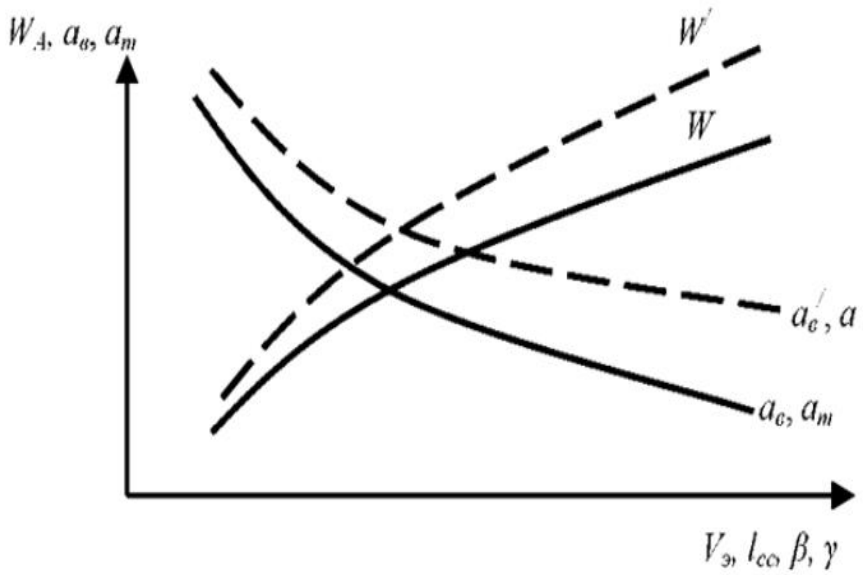


Рисунок 1.15 – Влияние интенсивности использования автобусов на производительность и работоспособность

Из Рисунок 1.15 следует, что интенсификация эксплуатации автобусов неизбежно увеличивает производительность его работы, но при этом объективно снижает значение КТГ, что увеличивает трудоёмкость работ по ТО и ТР. Таким образом обоснованное повышение требований к уровню работоспособности автобусов снижает показатели и приводит к необходимости дополнительных затрат на содержание и эксплуатацию парка АТС (рисунок 1.16).

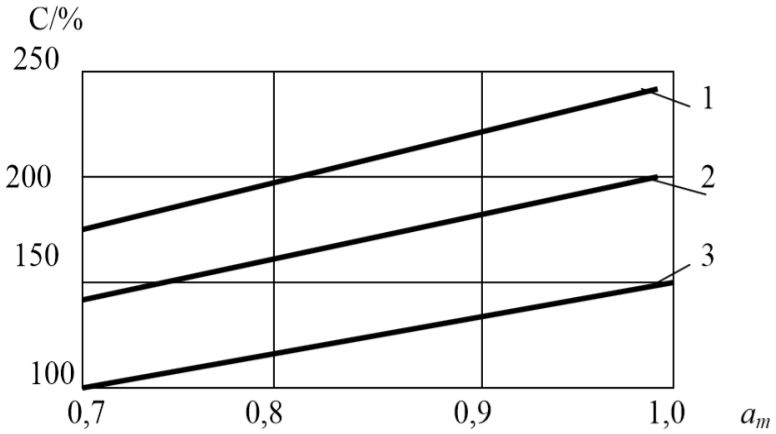


Рисунок 1.16 – Влияние КТГ на удельные затраты при городских пассажирских перевозках автобусами особо большой вместимости: (1) при 100 %; (2) при 80 %; (3) при 60 %

Данный подход к управлению работоспособностью парка автобусов является более объективным, так как первичными определяются технико-транспортные показатели, оцениваемые посредством затрат на перевозки, а не наоборот, как в методиках, рассмотренных в предыдущих пунктах исследования. Поэтому при увеличении спроса на перевозки и объема транспортной работы данный подход позволяет:

1) из ряда возможных альтернативных стратегий (увеличение числа автобусов, изменение структуры парка автобусов, повышения КТГ, увеличение интенсивности транспортной работы, сокращение числа нерабочих дней и т.д.) выбрать объективный способ увеличения W;
2) в случае принятия решения об необходимости увеличении уровня КТГ предусмотреть объективно определяемый ростом затрат, связанных с увеличением трудоемкость работ, расходом материалов и запасных частей, дополнительных потребностях в площадях ПТБ и др.

Автобус является сложным техническим объектом, поэтому общий его простой, связанный с потерей рабочего времени складывается из (n) простоев, как результат совокупности отказов различных систем и агрегатов.

Средняя наработка на отказ, которая вызывает постой автобуса определяется, как:

$$x_{\text{пр}} = \frac{L_{\text{К}}}{n}, \tag{1.29}$$

Тогда при средней продолжительности $\overline{t_{\text{пр}}}$ простоя автобуса общая продолжительность простоя с учётом продолжительности цикла:

$$\frac{\text{Д}_{\text{р}}}{\text{Д}_{\text{э}}} = \frac{\bar{t}_{\text{пр}} \cdot n \cdot l_{cc}}{L_K} = \frac{\bar{t}_{\text{пр}} \cdot n \cdot l_{cc}}{\bar{x}_{\text{пр}} * n} = \frac{\bar{t}_{\text{пр}} \cdot l_{cc}}{\bar{x}_{\text{пр}}}, \tag{1.30}$$

откуда следует, что

$$a_{\text{т}} = \frac{1}{1 + l_{cc} \cdot \frac{\bar{t}_{\text{пр}}}{\bar{x}_{\text{пр}}}} = \frac{1}{1 + l_{cc} \cdot B_p} = \frac{1}{1 + l_{cc} \cdot \bar{t}_{\text{пр}} \cdot \bar{\omega}_{\text{пр}}}, \tag{1.31}$$

где $\bar{\omega}_{\text{пр}}$ - параметр потока отказов, взывающий простои автобусов.

В конечном итоге на КТГ влияют:

1) средняя продолжительность простоя автобуса, характеризующая уровень применяемых технологий и организации производства ТО и ТР подвижного состава и уровень адаптации агрегатов автобуса к оборудованию, применяемому при ТО и ТР;
2) средняя наработка на отказ, определяемая условиями эксплуатации, а также качеством проведения ТО и ТР подвижного состава;
3) величина среднесуточного пробега автобусов, характеризуемая интенсивностью их эксплуатации.

То есть для того, чтобы управлять работоспособностью парка автобусов необходимо выполнять количественную оценку мероприятий, приводящих в заданное состояние значение КТГ и КВ. Данные мероприятия должны обеспечивать изменение увеличение наработки на отказ и(или) сокращение продолжительности простоев в ТО т ТР, то есть уменьшение величины показателя сокращение (B_p) (рисунок 1.17)

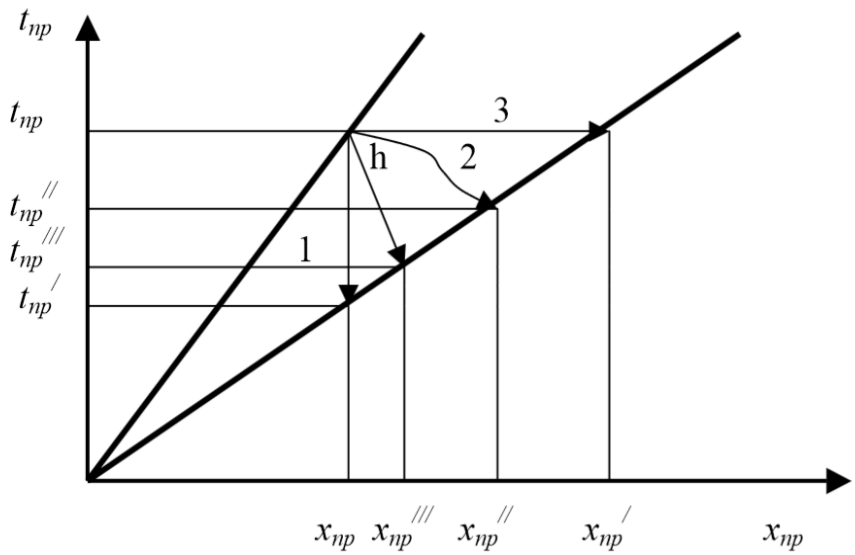


Рисунок 1.17 – Зависимости наработки на отказ и времени простоя в ТО и ТР автобусов

Из рисунка 1.17 видно, что значение удельного показателя простой в ТО и ТР определяется величиной тангенса угла наклона линейной зависимости (B_p) к оси абсцисс, а для осуществления перехода от начально значения (B_p) к требуемому, необходимо:

1) (1) сокращение средней продолжительности простоя в ТО и ТР, через повышение эффективности ПТБ, увеличение уровня механизации, то есть совершенствование организации и технологии работ;
2) (3) увеличение величины средней наработки на отказ за счёт повышения качества ТО и ТР, а также необходимо «омоложение» парка автобусов;
3) (2) сочетание перечисленных мероприятий.

Таким образом изменение возрастной структуры парка автобусов входит в набор основных мероприятий по повышению показателей надёжности автобусного парка, но приведёт к дополнительным капитальным затратам. С другой стороны - эксплуатация автобусов со значительными пробегами увеличивает удельные показатели нормативной и скорректированной трудоёмкости ТР.

Показатель удельная трудоёмкость ТР, приходящаяся на 1000 км. пробега определяется по известной формуле [1,11,10,44, 45]:

$$t_{\text{тр}} = t_{\text{тр}}^{\text{н}} \text{К}_1 \text{К}_2 \text{К}_3 \text{К}_4 \text{К}_5, \text{ чел. час/1000 км} \qquad (1.32)$$

где К_4 – коэффициент, учитывающий категорию АТС с определённой долей пробега с начала эксплуатации.

Причем это единственный из показателей в комплексе общепринятых показателей ТО и ТР, величина, которого зависит от возрастной структуры парка автобусов и негативно влияющий на работоспособность парка автобусов в случае изменения (ужесточения) технических требований.

Анализ современной структуры показателей технической эксплуатации автобусов показывает, что оная является достаточно сбалансированной и позволяет реагировать инженерно-техническим службам (ИТС) АТП на текущие изменения в возрастной структуре парка автобусов и увеличение (уменьшение) интенсивности транспортной работы. Вместе с тем данная структура является в замкнутой или закрытой, так как в ней не используются показатели, позволяющие отражать постоянное изменение социотехнических требований внешней среды эксплуатации автобусов.

1.4. Выводы по первой главе

Выполненный в первой главе анализ возрастной структуры парка автобусов в РФ и современной структуры показателей технической эксплуатации автобусов показал:

1. Большинство автобусов в РФ в настоящее время эксплуатируются далеко за пределами установленного ресурса или нормативного срока службы. Естественно, что при этом подавляющее количество автобусов не отвечают экологическим международным требованиям и требованиям к техническому уровню обеспечения конструктивной безопасности. Проблема соответствия автобусов современным техническим, экологическим и требованиям безопасности носит не только организационно-технический, но и социально-экономический характер и относится к области эффективности реализации сложных социотехнических систем.
2. Принципиальным замечаниями к существующим подходам в решении актуальных задач исследования являются: экономические показатели не должны быть доминантой в определении качестве перевозок, когда речь идет о безопасности и комфортабельности предоставляемых услуг; целеполагание системы показателей, оценивающих качество эксплуатации автобусов в РФ

должна определять не только эффективность процессов ТО и ТР автобусов, но и соответствие их технического состояния социальном потребностям общества.

3. Анализ современной структуры показателей технической эксплуатации автобусов показывает, что она является достаточно сбалансированной и позволяет реагировать инженерно-техническим службам (ИТС) АТП на текущие изменения в возрастной структуре парка автобусов и увеличение (уменьшение) интенсивности транспортной работы. Вместе с тем данная структура является в некоторой степени замкнутой, так как в ней не используются показатели, позволяющие отражать постоянное изменение социотехнических требований внешней среды эксплуатации автобусов.

Вывод. Применяемые сегодня методики управления сроками эксплуатации автобусов и возрастной структурой парка подвижного состава в АТП разрабатывалась в конце прошлого века и в основе своей базируются на устаревших нормативно-технических документах, поэтому они не могут в полной мере соответствовать как существующему разнообразию возможных форм организации процессов ТО и ТР автобусов, так и увеличению интенсивности влияния социотехнических факторов внешней среды к требуемому качеству эксплуатации автобусов. Техническое решение проблемы состоит в разработке методики, позволяющей оценивать не только параметров работоспособности автобусов, но и продолжительность жизненного цикла сохранения качества, обеспечивающего их экологическую и конструктивную безопасность, комфортабельность и т.д. Разрабатываемая методика должна определять модель учитывающие, внешние возмущения, действующих на АТП к которым можно отнести и возмущения, вызываемые изменением социотехнических требований к качеству АТС.

2 РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОХРАНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОБУСА, КАК СИСТЕМНОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИИ

2.1 Оценка влияния факторов социотехнической среды эксплуатации автобусов на комплексные показатели качества

О том, что в условиях повышения активности перемещения населения и заинтересованности государства в качественном развитии общественных видов транспорта, неоднократно упоминается в научных современных научных исследованиях. Например, в [18] указывается, что нельзя представить современный мегаполис без развитой хорошей транспортной инфраструктуры, потому что этот измеритель в значительной степени определяет темпы развития экономики города, уровень развития промышленности, сферы услуг и других видов деятельности. Поэтому в РФ, в условиях ограниченного финансирования муниципальных видов транспорта из местных бюджетов проявляется острая необходимость определения оптимальных объемов инвестирования в развитие пассажирской транспортной инфраструктуры всех без исключения городов. Общеизвестно, что современный пассажирский муниципальный транспорт в РФ характеризуется убыточностью экономических показателей, и, что даже при условии бюджетного компенсирования перевозок «пассажиров-льготников» и искусственного сдерживания тарифов за проезд в общественном транспорте, муниципальным АТП не хватает средств на своевременное обновление автобусного парка. Как результат – недостаточное качество обслуживания пассажиров. Нередкой является такая ситуация, когда убытки АТП компенсируются из средств бюджета, независимо от оттого, что является причиной данных убытков: сдерживание тарифов и предоставление льготных условий или же неэффективная деятельность самого предприятия. Поэтому решение задачи определения оптимального уровня качества обслуживания пассажиров, позволяющей с одной обеспечить необходимый объём пассажирских перевозок, а с другой стороны минимизировать убытки

муниципальных АТП, а, следовательно, оптимизировать инвестиционные финансовые потоки в муниципальный транспорт из местных городских бюджетов, имеет важное народнохозяйственное значений [19, 43, 107,]. Традиционно, в любом муниципальном АТП главной задачей управления производственным процессом являлось, определение оптимального соотношения используемых ресурсов и выполнения максимума транспортной работы при обеспечении качества обслуживания населения пассажирскими перевозками [8,9,42,104]. Аналогичные задачи стоят и перед коммерческими предприятиями, заинтересованными, первую очередь, в максимизации прибыли, как фактора повышающего стоимость их бизнеса [56, 104]. Но коммерческие АТП могут достигать максимума прибыли путем снижения себестоимости пассажирских перевозок за счёт низкого уровня качества предоставляемых услуг, что собственно и происходило в течение последних десятилетий активного и повсеместного в РФ внедрения частного бизнеса в сферу городских автобусных перевозок. В настоящее время уровень развитие частного рынка автобусных перевозок в мегаполисах РФ достиг значения, когда снижение качества предоставляемых услуг может негативно отразиться на величине пассажиропотока. Поэтому в коммерческих АТП в таких городах, как Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург и др. задача системной оптимизации всего комплекса автобусного обслуживания пассажиров при обеспечении требуемого качества перевозок, предъявляемого социумом, является актуальной и востребованной практикой.

Необходимость разработки модель оптимизации деятельности АТП с учётом вектора внешних социотехнических требований возмущений, действующего на показатели транспортной работы, выполняемой автобусами, подчеркивается в [100]. Где приводится основные требования к алгоритму и методике оценки уровня транспортного обслуживания региона.

1. Современная методика для оценки социальной, экономической и технологической эффективности автобусного пассажирского транспорта должна представлять систему показателей, комплексно определяющей, как эффективность отдельного автобуса, так и деятельность отдельного АТП,

независимо от формы собственности, а в перспективе и эффективность транспортного обслуживания мегаполиса или региона РФ.

2. Комплексность разрабатываемой методики должна определятся наличием в системе показателей, отражающих не только уровень развития технологических процессов в АТП, но и степень удовлетворения потребностей пассажиров, которую обеспечивают эти технологические процессы.

Но, сегодня, применяется устаревшая модель определения эффективности работы автомобильного транспорта, неотражающая необходимость учёта мнения пассажиров, которые являются потребителями услуг АТП (рисунок 2.1)

Ранги управления	Эффективность работы автомобильного транспорта			
Показатели эффективности автомобильного транспорта	Прирост конечного продукта: объем перевозок, производительность, прибыль	Себестоимость перевозок	Производительность труда на перевозках	Безопасность транспортного процесса
Показатели эффективности ТЭА	Уровень работоспособности парка	Затраты на поддержание работоспособности парка	Производительность труда персонала, обеспечивающего работоспособность парка	Уровень влияния на экологическую и дорожную безопасность транспортного процесса
Уровень влияния ТЭА	25-27 %	22-26 %	20-36 %	24-34 %
Частные показатели эффективности подсистем ТЭА	Коэффициент технической готовности; наработка на отказ; вероятность безотказной работы в течение смены, рейса; ресурс до КР и списания; простои в ремонте по цехам, участкам АТП и др.	Затраты на ТО и Р по статьям затрат; агрегатам, цехам и участкам; видам ТО и Р; видам материалов и запасных частей	Производительность труда ремонтного персонала в целом, по цехам и участкам АТП, видам ТО и Р и др.	Наработка на ДТП, наработка на отказы элементов, влияющих на безопасность движения и окружающую среду

Рисунок 2.1 – Эффективность работы автомобильного транспорта

Анализ схемы 2.1 показывает, что оценка эффективность работы автобусов базируется на единичных (частных) показателях технической эксплуатации (ТЭ) автобусов, которые сводятся в комплексные показатели, формирующие критерии эффективности автомобильного транспорта в целом:

1. Прирост конечного продукта (объём перевозок, производительность, прибыль).
2. Себестоимость перевозок.
3. Производительность труда.
4. Безопасность транспортного процесса.

Таким образом задача оценки эффективности работы автомобильного транспорта определяется как многокритериальная, а её решение предполагает применение или разработку специализированного математического аппарата. Причем количество и содержание критериев может не ограничиваться перечисленными четырьмя признаками эффективности.

В [100] приводятся статистически обработанные данные результатов опроса пассажиров о факторах качества автобусного обслуживания (рисунок 2.2)

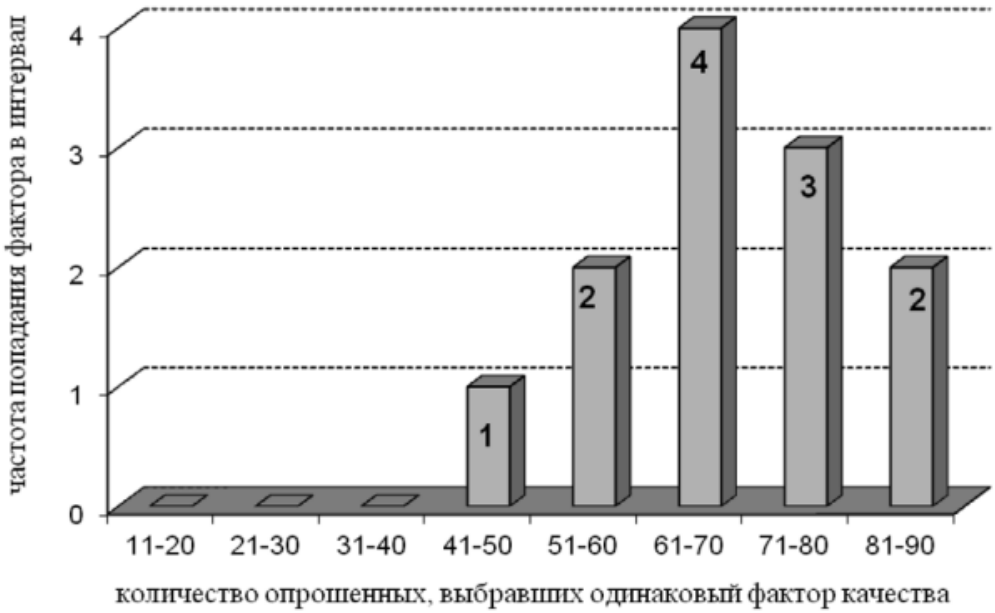


Рисунок 2.2 – Результатов опроса пассажиров о факторах качества автобусного обслуживания

На рисунке 2.2 приведены следующие результаты, представленные в виде гистограммы. Факторы качества имеющие значительные степень влияния на качество автобусных перевозок были выделены опрошенными n-е количество раз и выделены в четыре частотные группы по значимости (1 – min … 4 – max):

1. Суммарные затраты времени – n = 89 (частота 2)
2. Относительный уровень тарифов – n = 84 (частота 2)
3. Плотность маршрутной сети – n = 77 (частота 3).
4. Аварийную безопасность – n = 75 (частота 3)
5. Частота движения – n = 73 (частота 3)
6. Количество пересадок – n = 68 (частота 4)
7. Скорость движения транспортного средства – n = 66 (частота 4).
8. Степень наполнения салона транспортного средства – n = 64 (частота 4).
9. Регулярность движения – n = 61 (частота 4)
10. Экологическая безопасность – n = 57 (частота 2)
11. Надежность автобуса – n =51 (частота 2).
12. Уровень информационного сервиса – n = 42 (частота1).

Анализ приведённых данных показывает, что первые 9 факторов относятся к области организации и планирования перевозок, а факторы 10 и 11 непосредственно определяются эффективностью служб ТЭА АТП. Причем данные факторы относятся к второй по значимости частотной группе. А значимость фактора 12 (уровень информационного сервиса), относящегося к инновационной составляющей технического состояния будет интенсивно увеличиваться в ближайшие годы. Таким образом приведенная на рисунке 2.1 схема показателей и критериев эффективности эксплуатации автобусов может быть дополнена критерием экологическая безопасность автобуса, наряду с такими критериями как конструктивная безопасность и надёжность.

Данное требование закономерно, потому что значения удельных коэффициентов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, например, для автобусов экологического класса «Евро-0» в несколько раз выше, чем для автобусов экологического класса «Евро-4». Удельные выбросы для оксида

углерода, вносящего основной вклад в совокупную долю выбросов загрязняющих веществ для автобусов полной массой более 3500 кг для «Евро 0» составляют - 37,5 г/км, а для стандарта «Евро 4,0» соответственно - 1,7 г/км. То есть разница более чем в 20 раз. Определено, что введение жестких экологических стандартов неизбежно ограничит срока эксплуатации автобусов и повлечёт за собой перераспределение автобусов по экологическим классам. Это приведёт к существенным изменениям в общей структуре выбросов загрязняющих веществ в отдельных регионах и в целом в РФ, при этом несмотря на увеличение общей численности парка автомобилей в целом и автобусов в частности, выбросы загрязняющих веществ могут снижаться вследствие увеличения доли автомобилей более высоких экологических классов [7].

Важно отметить следующее, что повышение экологических показателей двигателей автобусов не предназначено для улучшения его технических характеристик, а разрабатываются исключительно в целях обеспечения актуальных требований экологической безопасности, то есть необходимы для соблюдения требований, вырабатываемых внешней социотехнической средой. К перечисленным выше можно отнести: электронные блоки управления, каталитический нейтрализатор, систему выпуска отработавших газов, каталитический нейтрализатор, и т.д. Все эти системы и агрегаты, естественно, усложняют конструкцию автобуса, повышается стоимость запасных частей и деталей, снижается значение показателя ремонтопригодность. Следовательно, в следствии усложнения конструкции двигателя автобуса снижается значение его ресурс и увеличивается себестоимость ТО и ТР. Таким образом, обеспечение актуальных требований экологической безопасности двигателя автобуса отражается на продолжительность срока его эксплуатации.

Поэтому в исследовании определятся задача: учесть причисленные особенности эксплуатации автобусов, вызванные активизацией влиянием социотехнической среды, в комплексной системе качественных показателей деятельности АТП, осуществляющих пассажирские перевозки.

2.2 Формирование подходов к модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов

Сложная система технической эксплуатации автобусов (ТЭА) требует обязательного выполнения определённого уровня эффективности в заданных условиях их эксплуатации. В настоящее время классификация условий, в которых реализуются решения в системе ТЭА, определяется тремя основными группами факторов:

- 1 группа (транспортные, дорожные, природно-климатические)
- 2 группа (уровень механизации, квалификации персонала и т.д.)
- 3 группа факторов (неопределённые факторы внешней среды, возникающие в процессе эксплуатации автобуса во времени).

Активизация влияния внешней социальной среды в виде требований безопасности, экологичности, комфортабельности к конструкции автобуса существенно увеличивает значимость 3-й группы факторов, которые могут проявляется в течение одного срока службы автобуса. Влияние данной группы факторов может быть определено с помощью коэффициента сохранения эффективности (КСЭ). Формально КСЭ представлен в нормативно-технической базе [ГОСТ 27.002 – 2015 «Надежность в технике. Термины и определения»], где КСЭ (en efficiency ratio) трактуется как отношение значения показателя эффективности использования изделия по назначению за время в течение определенного периода к номинальному значению этого показателя, который рассчитывается при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают. Данная трактовка КСЭ указывает на то, что вероятность **работоспособного состояния объекта является безусловно необходимым, но не достаточным условием обеспечения надёжности исследуемого объекта**.

Анализ научных исследований по данной теме показывает, что существует более широкое толкование КСЭ на предмет поиска атрибутов достаточности обеспечения надёжности исследуемого объекта:

1. КСЭ является очень удобным комплексным показателем надежности для тех систем, у которых большее значение выбранной характеристики является наилучшим.
2. КСЭ характеризует степень влияния отказов в системе на эффективность ее применения по назначению. Из ранее приведенного определения теории надежности следует, что коэффициент сохранения эффективности может служить интегральным критерием оптимизации надежности системы. Действительно, критерий оптимизации - это показатель, для которого указана желаемая его величина или желаемое направление его изменения. Направление изменения коэффициента сохранения правильно выбранного показателя эффективности определяет основные ориентиры в поиске свойств системы, которые обеспечивают ее оптимальную надежность.
3. КСЭ характеризует степень влияния отказов элементов объекта на эффективность его применения по назначению. При этом под эффективностью применения объекта по назначению понимают его свойство создавать некоторый полезный результат (выходной эффект) в течение периода эксплуатации в определенных условиях.
4. Для оценки экологической эффективности производств принят КСЭ [P], характеризующий степень влияния вредных выбросов на эффективность применения данного способа производства. На каждом шаге процесса подсчитывается значение КСЭ [F] и показателя затрат [C].
5. Некоторые комплексные показатели надежности относятся к пограничной области, объединяющей факторы надежности, технологической и экономической эффективности. Так, например, коэффициент КСЭ
6. КСЭ характеризует степень влияния отказов в системе на эффективность ее применения по назначению. Из ранее приведенного определения теории надежности следует, что КСЭ может служить интегральным критерием оптимизации надежности системы. Действительно, критерий оптимизации - это показатель, для которого указана желаемая его величина или желаемое направление его изменения. Направление изменения коэффициента

сохранения правильно выбранного показателя эффективности определяет основные ориентиры в поиске свойств системы, которые обеспечивают ее оптимальную надежность.

Вывод: КСЭ может служить критерием оптимизации при взаимодействии системы ТЭА с системами более высокого уровня, которые определяются совокупностью требований общества к обеспечению качества обслуживания транспортом общего пользования.

Между тем в практике автотранспортных предприятий (АТП), обеспечивающих население пассажирскими перевозками, в лучше случае определяются КТГ (коэффициент технической готовности) или (КТИ) коэффициент технического использования автобусов, которые служат только для одной цели: определить исправен автобус или неисправен, и способен он перевозить пассажиров или неспособен, но не дают ответа на вопрос обеспечиваются ли актуальные требования качества перевозки. Учесть качества перевозки пассажиров можно дополнив традиционный подход к определению КСЭ с помощью параметра эффективности (Э). Тогда формула для определения КСЭ примет вид:

$$К_{сэ} = \frac{1}{Э_н}\sum_{i=1}^{n} Э_i P_i \qquad (2.1)$$

где $Э_i$ – эффективность системы в i-м работоспособном состоянии автобуса; P_i – вероятность пребывания автобуса в i-м работоспособном состоянии; $Э_н = max(Э_i)$ – номинальное значение показателя эффективности объекта, определенное при условии отсутствия отказов или при соответствии их количества требованиям нормативной документации; n – количество работоспособных состояний объекта. Решение задачи (2.1) сводится к формированию матрицы эффективностей $Э_А$, формализации параметра (Э) и определению методов решения поставленной задачи при общей последовательности решений представленной на рисунке 2.3.

Рисунок 2.3 – Алгоритм применения КСЭ в системе ТЭА

Качественно и количественно данный параметр $Э_i$ определяется решением многокритериальной задачи, характеризуемой следующими понятиями:

m – количество рассматриваемых процессов (техническое обслуживание, технический ремонт, транспортная работа автобуса, квалификация водителей и т.д.)

n – количество актуальных критериев среды эксплуатации;

$э_{ij}$– эффективность i-го процесса по j-му критерию, $i = \overline{1,m}$, $j = \overline{1,n}$.

$$Э_А = \begin{pmatrix} э_{11} & э_{12} & \cdots & э_{1n} \\ э_{21} & э_{22} & \cdots & э_{2n} \\ \cdots & & & \cdots \\ э_{m1} & э_{m2} & \cdots & э_{mn} \end{pmatrix}, \quad (2.2)$$

Данная задача требует применения специализированных методов решения многокритериальных задач.

2.3 Формализация параметров в модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов

2.3.1 Показатели ТО и ТР в модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов

Анализ современной структуры показателей технической эксплуатации автобусов, проведённый в главе 1, показывает, что она является достаточно сбалансированной и позволяет реагировать инженерно-техническим службам (ИТС) АТП на текущие изменения в возрастной структуре парка автобусов и увеличение (уменьшение) интенсивности транспортной работы. Вместе с тем отмечено, что данная структура является замкнутой, то есть не отражает изменения, определяемые внешней средой эксплуатации автобусов.

Естественно, исходные значения показателей ТО и ТР автобусов закладываются при производстве и реализуются корректируются последовательно с учетом требований условий эксплуатации. В различных исследованиях было показано, что интенсивность их изменения в немалой степени определяется условиями, определяемыми состоянием среды эксплуатации автобусов. При этом интенсивность изменения основных показателей ТО и ТР в современных условиях может быть различна [45,46,48,50,51,52]

Рассмотрим фактические данные, полученные в 2018, характеризующие интенсивность изменения комплексных и единичных показателей автобусов в СПб ГУП «Пассажиравтотранс» в г. Санкт-Петербурге. По степени изменения интенсивности их можно представить в виде трёх основных групп:

Первая группа – это показатели, изменяющиеся незначительно, прирост их количественных изменений или темп изменений составляет (0,9…1,1): это такие показатели, как КТГ, КТИ и коэффициент выпуска автобусов. График изменения значений КТИ автобуса НефАЗ 5299-30-32 за три года в период с 2015 г. по 2017 год приведен на рисунке 2.4.

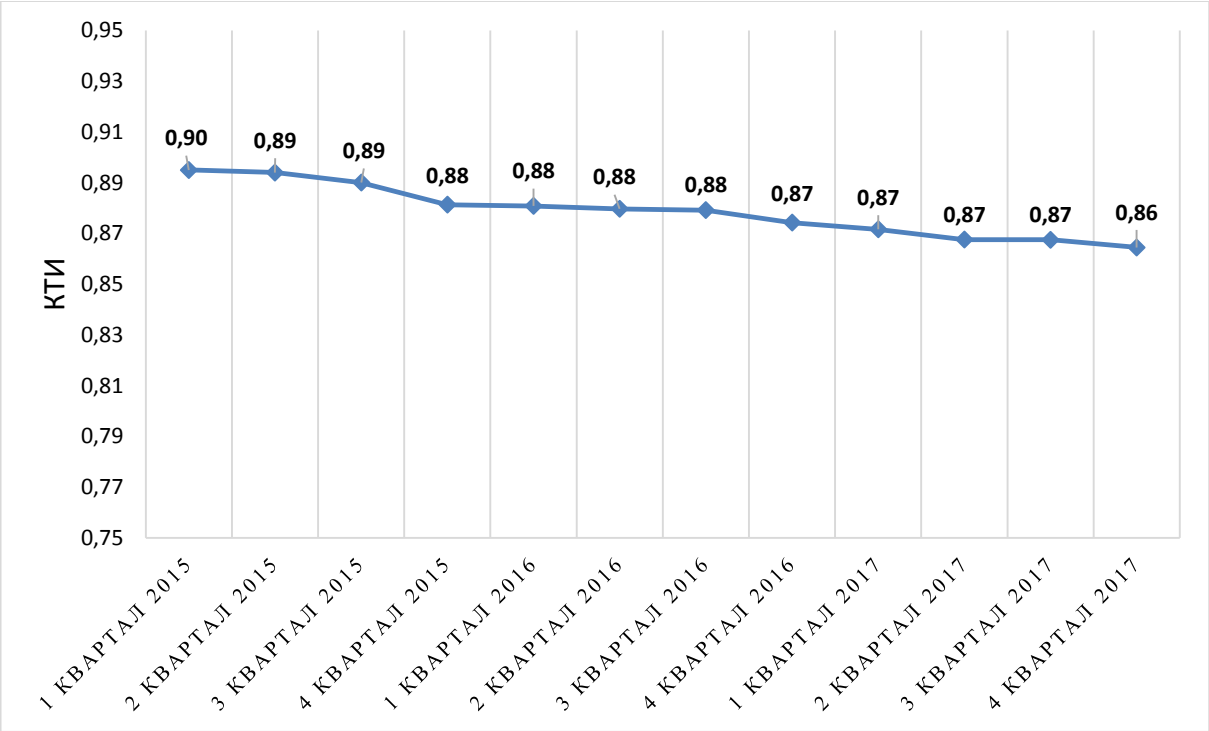


Рисунок 2.4 – График изменения значений КТИ Автобуса НефАЗ - 5299-30-32:

Вторая группа – это показатели имеющие значительный темп изменения (1,5… 5,0). Данная группа показателей в большей степени характеризует надёжность агрегатов и узлов автобусов, которая отражается в значении простоев в ТО и ТР. На рисунке 2.5 приведен график, характеризующий интенсивности изменения величины простоев в ТО и ТР автобуса ЛиАЗ-62132 в СПб ГУП «Пассажиравтотранс».

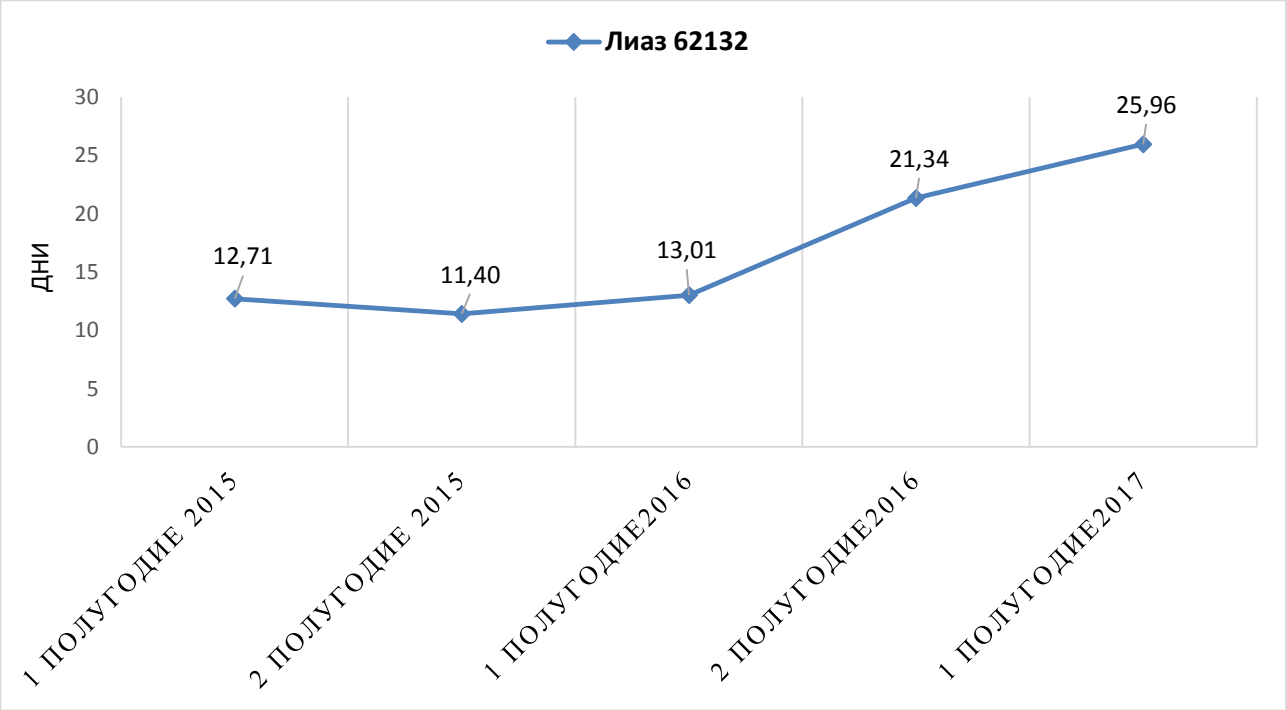


Рисунок 2.5 – График, характеризующий интенсивности изменения величины простоев в ТО и ТР автобуса ЛиАЗ-62132 в СПб ГУП «Пассажиравтотранс»

Третья группа – это показатели, которые имеют темп изменения, который превосходит на порядок значения начальных показателей (7… 20 раз и более). Это показатели, характеризующие качественные изменения в процессе материального и морального старении автобуса, которые отражаются на расходе и увеличении стоимости запасных частей. Нередко, чтобы привести автобус в соответствие с изменениями требований внешней среды требуется модернизация целых систем автобус. Например, в СПб ГУП «Пассажиравтотранс» для того, чтобы привести автобусы в соответствие с экологическими требованиями Евро-4 производилась

модернизация топливных систем автобусов, что привело к значительным материальным и финансовым показателям затратам на предприятии.

Перечисленные группы показателей комплексно влияют на изменение величины среднесуточного пробега автобусов в зависимости от срока эксплуатации автобусов (рисунок 2.6)

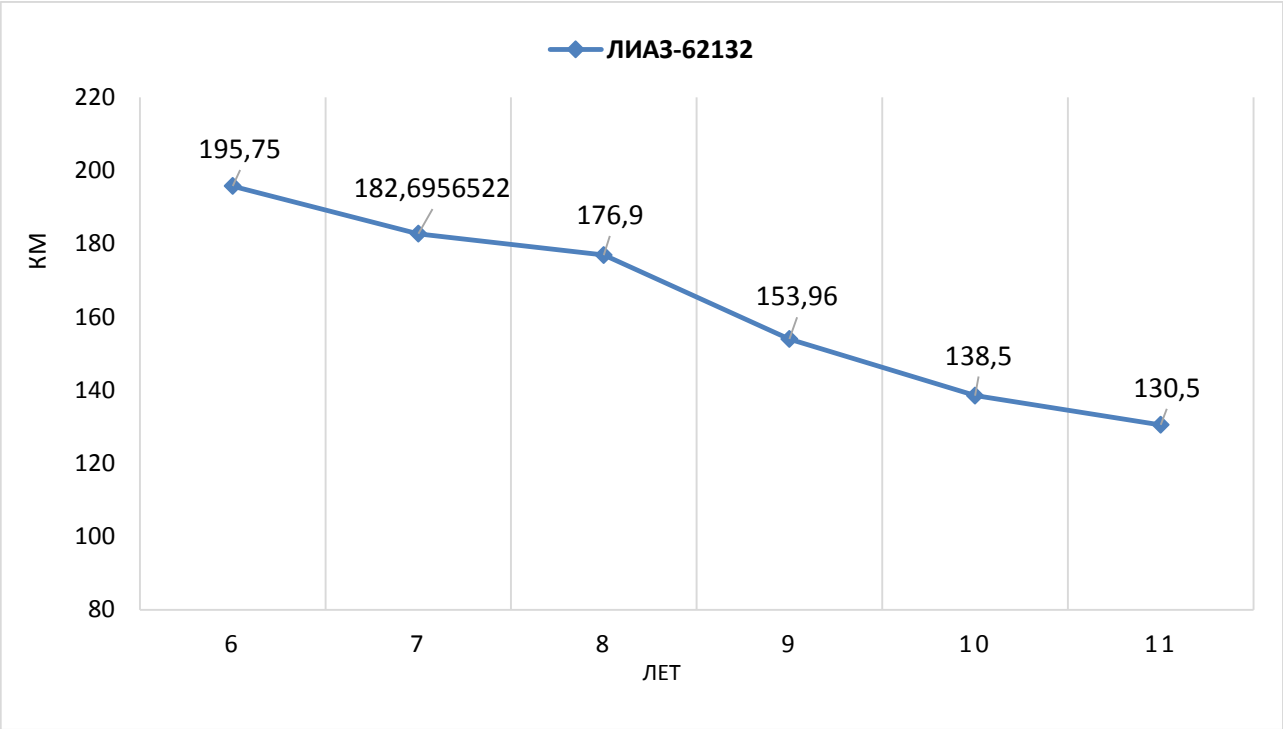


Рисунок 2.6 – Интенсивность сокращения среднесуточного пробега автобусов в СПб ГУП «Пассажиравтотранс» в зависимости от срока эксплуатации в годах

Оценить степень отклонения показателей ТО и ТР автобусов от нормативных и/или регламентируемых производителем техники можно с помощью моделей определения значений удельной трудоёмкости ТО и ТР, приведённых в ряде исследований [87,93, 97,98].

Физический смысл этого определения изменения измерителей ТЭА можно представить на примере определения показателя – удельная трудоёмкости ТР. Изменение этого показателя в зависимости от пробега с начала эксплуатации для условного автобуса приведем на рисунке 2.7.

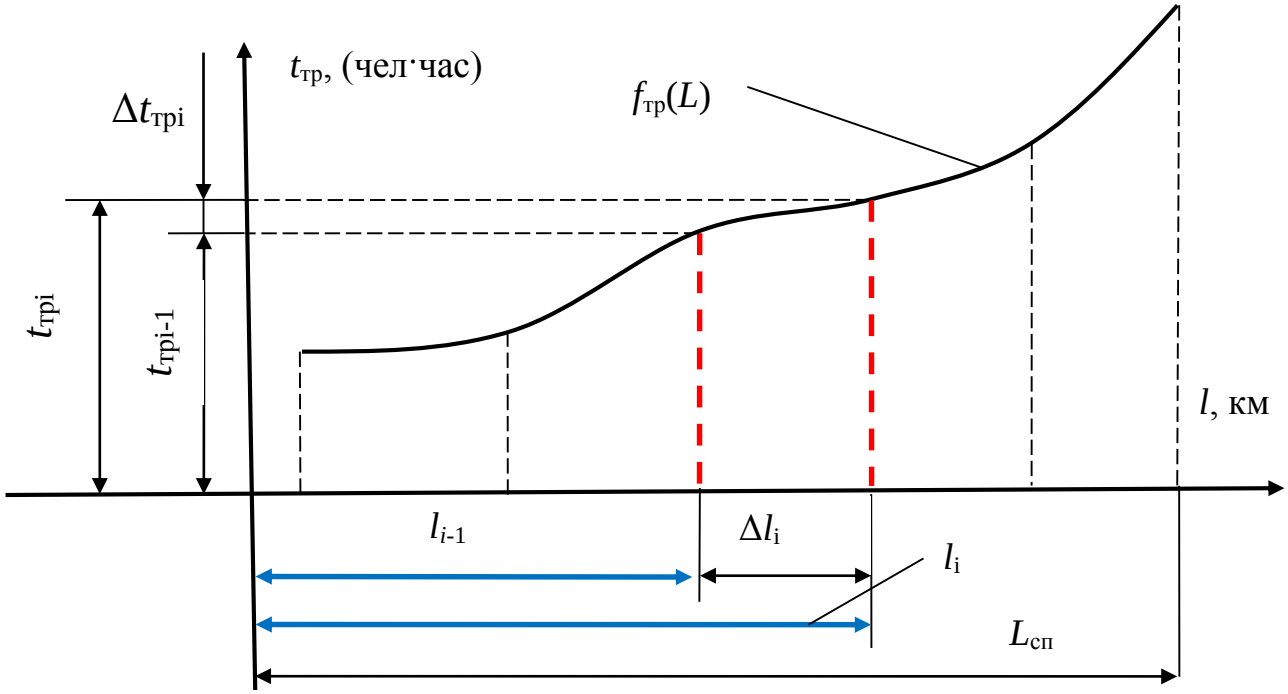


Рисунок 2.7 – Условный график зависимости значений показателя удельная трудоёмкость ТР в зависимости от пробега автобуса

Пусть на отдельных этапах пробега автобуса происходят последовательные отказы (i) и (i-1), i =1…n. Возникает потребность в ремонте, трудоёмкость устранения отказов соответственно ($t_{трi}$) и ($t_{трi}$) отражена в виде штриховых линий. Тогда удельная трудоёмкость ТР на пробеге $l_{(i\text{-}1)}$ определяется по формуле:

$$t_{тр(i-1)/1000} = \frac{t_{тр(i-1)}}{l_{(i-1)}} \cdot 1000, \text{ чел·час/1000 км.} \quad (2.3)$$

Удельная трудоёмкость ТР на пробеге l_i определяется следующим образом:

$$t_{трi/1000} = \frac{t_{трi} + t_{тр(i-1)}}{l_i} \cdot 1000. \text{ чел·час/1000 км.} \quad (2.4)$$

$$\text{Т}_{трi} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_{трi}}{L_i} \cdot 1000 \text{чел·час/1000 км.} \quad (2.5)$$

Показатель удельная трудоёмкость ТР в момент списания автобуса должен определяться, как:

$$\text{Т}_{\text{сп}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{L_{\text{сп}}} \cdot 1000, \text{ чел·час/1000 км.} \quad (2.6)$$

где $L_{сп}$ – пробег, соответствующий списанию автобуса.

При цикловом методе расчёта, когда в качестве величины цикла принимается пробег до КР, мы получаем формулу для определения значения удельной нормативной трудоёмкости ТР.

$$\text{Т}_{\text{тр}}^{\text{н}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} t_i}{L_{\text{КР}}} \cdot 1000, \text{ чел·час/1000 км.} \quad (2.7)$$

где $L_{КР}$ – пробег автобуса до КР, км.

или, если выразить значение пробега до КР, как сумму последовательных интервалов ТО:

$$\text{Т}_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{L_i} \sum_{j=1}^{m} t_{\text{тр}\,ji} \cdot 1000, \text{ чел·час./1000 км,} \quad (2.8)$$

где $t_{\text{тр}ji}$ - трудоёмкость устранения *j*-го отказа в пределах *i*-го интервала ТО, чел. час;

L_i – пробег автобуса с начала эксплуатации до *j*-го интервала ТО, км;

n – количество интервалов ТО;

m – количество технических воздействий в пределах одного интервала ТО, ед./ТО.

Степень отклонения показателей ТО и ТР автобусов от нормативных и/или регламентируемых производителем автобусной техники определяется из свойств непрерывной неубывающей функции, определяющей зависимость значений трудоёмкости ТР от пробега с начала эксплуатации $f_{\text{тр}}(l)$:

$$\frac{\int_0^{l_i} f_{\text{тр}}(l)dl}{l_i} < \frac{\int_{l_{(i-1)}}^{l_i} f_{\text{тр}}(l)dl}{[l_i - l_{(i-1)}]}, \tag{2.9}$$

где l_2 – пробег автомобиля в момент проведения планового ТО, км;

$[l_i - l_{(i-1)}]$ – интервал между плановыми ТО.

Тогда формула для определения фактического показателя удельная трудоёмкость ТР примет вид:

$$\text{Т}_{\text{тр}i} = \frac{1}{\Delta l_i}\sum_{j=1}^{m} t_{\text{тр}ji} \cdot 1000, \text{ чел·час. /1000 км}, \tag{2.10}$$

где $\text{Т}_{\text{тр}ji}$ – трудоёмкость ТР на j-м интервале пробега автобуса;

Δl_i – пробег, соответствующий регламенту ТО, км. ;

m – количество воздействий.

Нередко, значения величины интервалов ТО могут быть сгруппированы в отдельные циклы с различными величинами пробегом в одном интервале ТО. Тогда в пределах одного цикла (цикловая удельная трудоёмкость ТР) может быть определена по формуле (чел·час/1000):

$$\text{Т}_{\text{тр}u} = \frac{\sum_{k=1}^{p_u} t_{\text{тр}ku}}{\Delta l_u} \cdot 1000, \text{чел·час/1000 км} \tag{2.11}$$

$$\text{Т}_{\text{тр}u} = \frac{10^3}{L_{\text{ц}j}^{\text{то}}} \cdot \sum_{k=1}^{n_u} t_{\text{тр}ku}, \text{ чел·час/1000 км} \tag{2.12}$$

здесь p – количество необходимых воздействий ТР в пределах цикла ТО; u– порядковый номер цикла ТО; $L_{\text{ц}u}^{\text{то}}$ - цикл ТО; $t_{\text{тр}ku}$ - трудоёмкость необходимая для устранения отказа, чел·час или норма·час.

Если необходимо получить среднее значение удельной трудоёмкости ТР, приходящейся на 1000 км на более значительном интервале пробега автобусов, можно применить следующую формулу:

$$\overline{\text{Т}}_{\text{тр}} = \frac{\sum_{u=1}^{v} \text{Т}_{\text{тр}u}}{m}, \text{ чел·час/1000 км} \quad (2.13)$$

$$\overline{\text{Т}}_{\text{тр}} = \frac{1}{v} \cdot \sum_{u=1}^{v} \text{Т}_{\text{тр}u} \text{чел·час/1000 км} \quad (2.14)$$

где v– количество циклов ТО в пределах исследуемого пробега автомобиля, ед.

После постановки формулы (2.13) в (2.14) получим:

$$\overline{\text{Т}}_{\text{тр}} = \frac{10^3}{v} \cdot \sum_{u=1}^{v} \sum_{k=1}^{p} \frac{t_{\text{тр}kj}}{L_{\text{ц}u}^{\text{то}}}. \text{ чел·час/1000 км} \quad (2.15)$$

Можно рассмотреть частный случай применения формулы (2.15) для однотипного подвижного состава, когда $L_{\text{ц}}^{\text{то}} = const$:

$$\overline{\text{Т}}_{\text{тр}} = \frac{10^3}{v L_{\text{ц}}^{\text{то}}} \cdot \sum_{u=1}^{v} \sum_{k=1}^{p} t_{\text{тр}ku}. \text{ чел·час/1000 км} \quad (2.16)$$

Исходя из сказанного, можно определить, что в формуле (2.1):

1. Э_i – эффективность системы в i-м работоспособном состоянии автобуса должна определяться в соответствии с подходом, реализуемым в формулах 2.10 … 2.16.

2. $Э_н = max(Э_i)$ – номинальное значение показателя эффективности объекта, определенное при условии отсутствия отказов или при соответствии их количества требованиям нормативной документации в соответствии с походом, реализуемым в формулах 2.5 ….2.8.

2.3.2 Методы многокритериальной оценки в модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов

В соответствии с применяемыми в настоящее время методиками (рисунком 2.1) оценка эффективность ТЭА производится по нескольким критериям:

1. Работоспособность парка.
2. Затраты на ТО и ТР парка.
3. Производительность труда.
4. Величина влияния на экологическую и дорожную безопасность транспортного процесса.

Таким образом задача оценки эффективности работы системы ТЭА определяется как многокритериальная, а её решение предполагает применение или разработку специализированного математического аппарата. Причем количество и содержание критериев может не ограничиваться перечисленными четырьмя признаками эффективности, а может быть увеличено в зависимости от актуализации новых требований среды эксплуатации.

Для условий, когда задача решается с одним критерием или в условиях детерминированности информационной ситуации, тогда модели теории принятия решений хорошо изучены. Но, когда мы имеем ситуацию с большим количеством неопределенных количественных и качественных взаимодействующих показателей, определяющих информационную ситуацию исследования, тогда важное значение имеет формирование и разработка методов, позволяющих оценивать сложность многокритериальных объектов.

К главным задачам выбора альтернатив вариантов и многокритериальной оценки нужно отнести следующие:

1) оценка выбора альтернатив;
2) оценка с помощью методов ранжирования из множества вариантов решений;
3) выбор стратегий оценки эффективности вариантов решений;
4) определение количественных значений отдельных показателей по известным значениям комплексного показателя;
5) определение величины частных показателей, отвечающих за достоверность величины комплексного показателя;
6) определение максимально эффективных решений (величины отдельных показателей), отвечающих за достоверность величины комплексного показателя [59].

Можно определить, что существует ряд методов для оценки эффективности и выбора альтернатив из возможных решений в многокритериальных задачах.

Первый и наиболее распространённый метод. Принудительное сведение многокритериальной ситуации к однокритериальной задаче с последующим выбором альтернативы. Например, если есть множество вариантов решений:

$$A = \{a_{ij}\}, \;\; j = 1 \dots m \tag{2.17}$$

и необходимо найти оценку альтернативный вариантов по заданному критерию и группе критериев: $p(a_{ij})$. Тогда правило выбора эффективного варианта записывается в виде:

$$\max_j(p(a_{ij})) \text{ или } \min_j p((a_{ij})) \tag{2.18}$$

В процессе поиска эффективного решения данной задачи осуществляется выбора альтернативы a^*, для которой можно записать условие:

$$p(a^*) = \max_j(p(a_{ij})) \text{ или } p(a^*) = \min_j p((a_{ij})). \tag{2.19}$$

Второй, не менее распространённый метод. Когда для выбора наилучшего варианта применяется принудительное ранжирование вариантов решений действий, исходя из субъективных представлений отдельных экспертов в по всему множеством оценок альтернатив. Данный подход неоднократно критиковался в различных научных исследованиях именно из-за наличия высокой доли субъективизма, а процедуре поиска решения [64,71, 89 и др.].

Поэтому в данном исследовании мы примем, как наиболее значимое для конкретного практического использования модели, основанные на объективном аналитическом аппарате принятия решений по выбору альтернатив с учетом дифференцированного подхода к множеству исследуемых критериев.

Тогда каждому возможному варианту действий a_{ij} необходимо поставить в соответствие вектор следующего вида: $(p_1(a_{ij}), p_2(a_{ij}), \dots, p_n(a_{ij}))$, определяющий оценки варианта действий из возможных альтернатив по отдельным критериям - $p_1, p_2, \dots, p_n$.

Среди методов этой группы можно выделить:

- метод доминирования критериев;
- метод поиска глобального критерия;
- метод лексикографического упорядочения критериев;
- методы пороговых значений;
- методы теории нечетких множеств;
- методы теории мультимножеств и др. [64].

Применение перечисленных методов обусловлено тем, что критерии рассматриваются как независимые математические множества с их полной определенностью. Но и среди данных случаев возможен переход от исследования многокритериальной информационной ситуации к однокритериальной, основанной на сведении многокритериального выбора возможных вариантов решений к единственному критерию, при этом искомая задача решается с использованием модели построения так называемого обобщенного (интегрального) критерия.

В этом случае применяются различные способы агрегирования, «свертки» показателей, т.е. построения различных обобщающих показателей, прежде всего, аддитивных и мультипликативных [53].

Аддитивный обобщающий критерий (показатель) получается, как взвешенная сумма оценок по частным критериям (показателям):

$$p_{\text{об}}(a_{ij}) = \sum_{i=1}^{n} w_i * p_i(a_{ij}),\ j = 1, \dots, m, \tag{2.20}$$

где $p_i(a_{ij})$ – оценка альтернативы a_j по критерию p_i, w_i – вес (важность) критерия p_i .

Мультипликативный критерий определяется в виде:

$$p_{\text{об}}(a_{ij}) = \prod_{i=1}^{n} p_i(a_{ij})^{w_i},\ j = 1, \dots, m,. \tag{2.21}$$

Однако, приведенные выражения не всегда адекватно отражают особенности задач оценки и выбора, в частности, взаимозависимость, противоречивость отдельных показателей [88]. Анализ существующих методов позволяет сделать вывод о том, что они не в полной мере отражают способность адаптации к конкретной предметной области развитой системы сильно взаимодействующих разнокачественных показателей и сложности оцениваемых объектов. Особенно важное значение приобретает необходимость полноценной и объективной многокритериальной оценки, когда необходимо решать задачи, связанные с эксплуатацией сложных технических объектов, какими являются автобусы.

Как уже отмечалось, сегодня наиболее распространены подходы, основанные на моделях субъективных оценок. Между тем существует аналитический инструментарий решения многокритериальных задач данного класса, который позволят, решать данные задачи, не прибегая к процедурам субъективного назначения веса отдельных свойств или критериев. [62,63,71,106].

Принципиально, чтобы новыми качествами методов, применяемых для оценки альтернатив в сложных технических системах, являлись следующие основные положения:

1. Отсутствие формализованной связи между весами (c_{ij}) или коэффициентами относительной важности (КОВ) отдельных критериев (K_j) качества исследуемого процесса.
2. Полученное решение должно быть оптимально эффективным из возможных альтернатив в количественных оценках с учётом показателей эффективности по установленным критериям качества.

Рассмотрим методы получения многокритериальных оценок, основанные на специальных процедурах (формальные методы). К основным из них относятся: метод уступок, метод свертывая критериев, метод идеальной точки, оценки Фишберна и т.д.

Наиболее простым по процедуре исполнения из перечисленных методов является метод расчета по формулам Фишберна. Основанием для применения данного метода является наличие приоритета в значениях по отдельным критериям, но в отличии от метода часто применяемого метода анализа иерархий (МАИ) здесь нет необходимости указывать во сколько раз один критерий важнее другого.

В соответствии методом оценок Фишберна достаточно расположить критерии в соответствии с их значимостью в порядке их убывания или возрастания в следующем виде:

$$K_1 \geq K_2 \geq \cdots \geq K_m \tag{2.22}$$

тогда формула сравнительных оценок Фишберна имеет следующий вид:

$$c_j = \frac{2(n-j+1)}{n(n+1)}. \tag{2.23}$$

При наличии информации, позволяющей построить линейное упорядочивание установленного приоритета:

$$\begin{cases} c_1 \geq c_2 + c_3 + \cdots + c_n \\ c_2 \geq c_3 + c_4 + \cdots + c_n \\ \dots \\ c_{n-1} \geq c_n \end{cases}. \tag{2.24}$$

значения c_j представимы в виде убывающей геометрической прогрессии, а формула сравнительных оценок Фишберна имеет вид:

$$c_j = \frac{2^{n-i}}{2^n - 1}, j = 1,2, \dots, n \tag{2.25}$$

Основным недостатком этого метода во втором случае является необходимость формализации связей между показателями, что снижает объективизм принимаемого решения.

Ещё одним способом, основанным на определении приоритета между критериями, является метод доминирования критериев (МДК) являющийся развитием методов районирования [90, 92,94]. В соответствии с этим методом распределение ВКП подчиняют ограничению:

$$0 \leq \mathrm{c}_j \leq 1, \quad j = \overline{1,n}, \quad \sum_{j=1}^{n} \mathrm{c}_j = 1, \tag{2.26}$$

то есть оно определяется $(n-1)$ независимыми величинами:

$$\mathrm{c}_1 \geq \mathrm{c}_2 \geq \cdots \geq \mathrm{c}_j \geq \cdots \geq \mathrm{c}_{n-1} \geq \mathrm{c}_n \tag{2.27}$$

Что позволяет сформулировать алгоритм получения оптимального значения $D_{эi}$ по каждому из вариантов решения:

1. Значения C_j упорядочиваются в виде (2.27)

2. Далее решается задача линейного программирования для каждого из сравниваемых вариантов i:

$$\begin{cases} D_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} c_j \to max, \\ \sum_{j=1}^{n} c_j = 1,\ 0 \le c_j \le 1, c_j \ge c_{j+1}, j = \overline{1, n-1} \end{cases}. \quad (2.28)$$

3. Если показатели по отдельным критериям имеют несопоставимые по абсолютному значению величины они представляются в виде относительных единиц и нормируются

$$b_{ij} = \begin{cases} \dfrac{a_{ij}}{\max\limits_{1 \ll i \ll m} a_{ij}} \\ \dfrac{\min\limits_{1 \ll i \ll m} a_{ij}}{a_{ij}} \end{cases} \quad (2.29)$$

4. Значения c_j определяются аналитически.

$$c_j = \begin{cases} \frac{1}{k}, \text{если } j \le k, \\ 0, \text{если } j > k \end{cases} \quad (2.30)$$

где величина индекса k определяется условием: $b_{kj} = \max\limits_{j} b_{ij}$

5. Определяется значение эффективности для каждого решения, а затем оптимальное решение системы по формулам:

$$d_i = \sum_{j=1}^{n} b_{ij} c_j \ ;\ D_f = \max_{1 \le i \le m} d_i \quad (2.31)$$

Явными преимуществами последнего метода являются следующие:

1. Отсутствует формальная связь между c_j отдельных критериев.
2. Решения задачи принятия оптимального (эффективного) решения предполагает лишь упорядочить приоритет между критериями.

3. Эффективное решение является максимально возможным в количественных оценках.
4. Алгоритм определения c_j формализован и предполагает определение дифференцированных значения c_j для отдельных критериев и по каждому из возможных решений.

2.4 Структура критериев эффективности в модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов

Рассмотрим структуру критериев эффективности ТЭА в применении к модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов производится по нескольким критериям:

Критерий **уровень работоспособности** парка автобусов, определяемый комплексными коэффициентами КТГ и КТИ в модели определения КСЭ является отдельным критерием эффективности. Значения показателей эффективности по данному критерию определяются на основании алгоритмов вычисления данных, приведенных в пункте 2.3

Критерий **затраты на поддержание работоспособности парка** в модели определения КСЭ являются отдельным критериев эффективности. Показатели эффективности по данному критерию определяются в соответствии с известными методиками, широко представленным в различных источниках [6, 13, 17 и др.]. **Приложение Б**.

Критерий **производительность труда персонала** в модели определения КСЭ не является доминирующим признаком, так как с точки зрения изменения функционала эффективности отдельного автобуса или автобусного парка является практически однородными в количественных показателях.

Критерий **уровень влияния на экологическую и дорожную безопасность** транспортную безопасность в модели определения КСЭ требует отдельного анализа.

Общая структура критерия безопасность автобусов приведена на рисунке 2.8., из которого видно, что безопасность автобусов является сложным свойством. В основном оно обеспечивается при проектировании моделей автобусов, а в процессе эксплуатации поддерживается на регламентируемом техническом уровне [25, 26, 66, 101 и др. документами]. Основополагающим требованием в сфере безопасной эксплуатации автобусов является, учёт всевозможных источников возникновения факторов риска для причинения вреда пассажирам, с целью снижения тяжести последствий ДТП. Соответственно, общее свойство безопасность автобуса разделяют на активную и пассивную составляющие, а также послеаварийную и экологическую безопасность [35, 58].

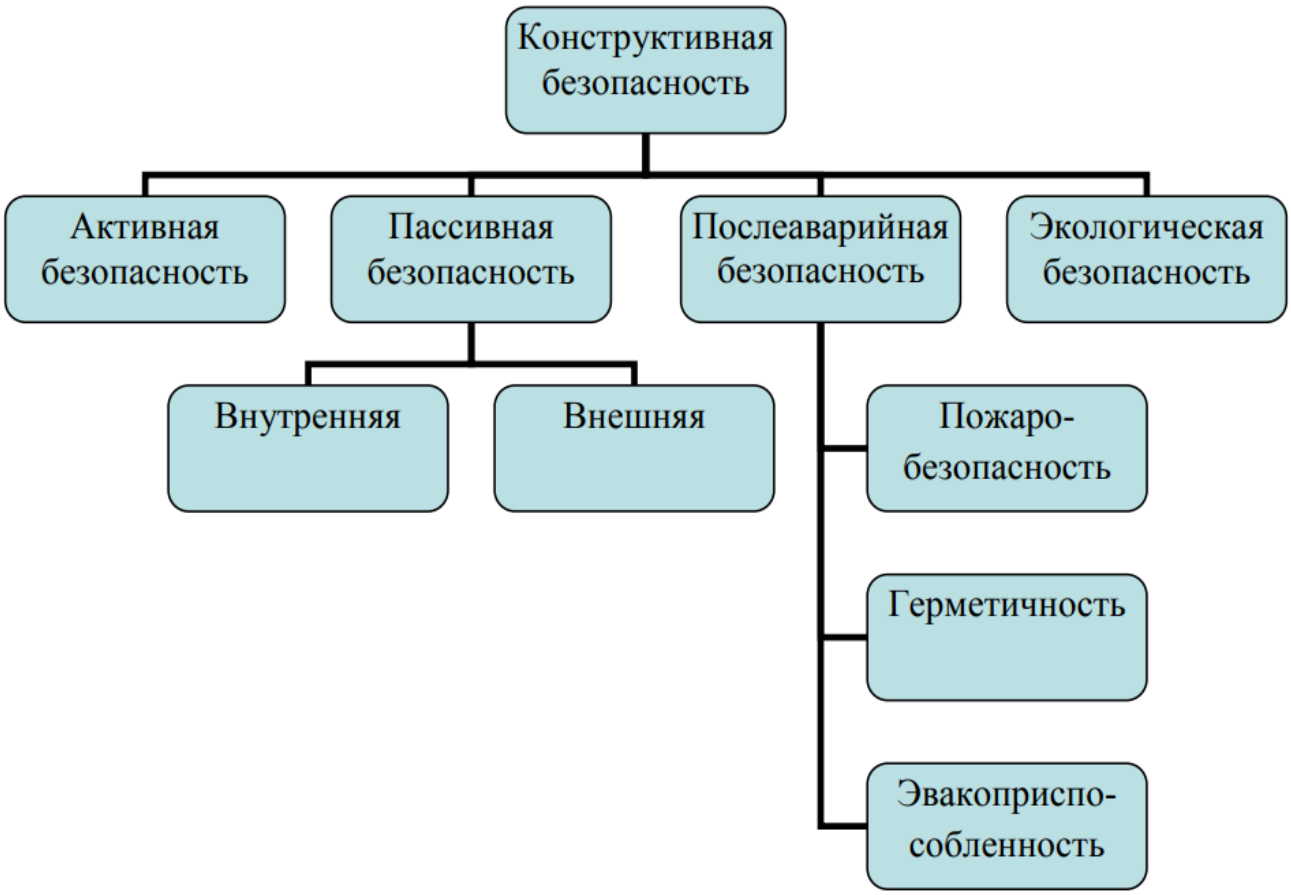


Рисунок 2.8 – Структура критериев, определяющих безопасность эксплуатации автобуса

Свойство **активная безопасность автобуса** по структуре определяемых технических показателей в ТЭА может быть интегрировано в критерий работоспособное состояние автобуса. Так как соответствие автобуса по данному свойству нормативным техническим требованиям определяются эффективностью процессов ТО и ТР ряда узлов, агрегатов и систем: тормозная система, система освещения и сигнализации и т.д.

Свойство **пассивная безопасность** автобуса исследует процессы взаимодействия пассажиров и элементов конструкции при совершении ДТП и рассматривает механизмы и причины травматизма пассажира в различных условиях. Поэтому определяющим фактором пассивной безопасности автобуса является - эргономичность салона автобуса.

Свойство **послеаварийная безопасность автобуса** также напрямую связано с конструкцией салона автобуса. Важным и необходимым безопасности автобуса является быстрая эвакуация людей. Причинами, снижающими возможность эффективной эвакуации, могут быть: недостаточные размеры проходов к выходам, недостаточные углы открывания дверей и их заклинивание и т. д. Поэтому требования к общей конструкции, расположению кресел, ширине проходов, минимальному числу и размерам запасных выходов, наличию аварийных выходов с точки зрения безопасности регламентированы национальными и международными стандартами [79]. Помимо перечисленного, необходимо учитывать удобство выхода и возможность быстрой эвакуации пассажиров автобусов, которые определяются высотой ступенек, их количеством, ровностью пола и его ровностью и т.д. Ряд специальных требований предъявляется к автобусам для людей с ограниченными возможностями и детей (подробно см. глава 1). Перечисленные эргономические требования, определяющие пассивную и после аварийную безопасность автобуса сведены таблицу 2.1. Данные этой таблицы формируют формализованные значения показателей, определяющие критерий – безопасность автобуса. В качестве нижней границы эффектности принимаются минимально допустимые значения показателей, а в качестве верхней – рекомендуемые.

Таблица 2.1 – Показатели критерия безопасность автобуса

№	Эргономический показатель	Значения показателя	Нормированное значение показателя	
1	Число служебных дверей	2… 4	0,5…1	→ max
2	Ширина служебных дверей (см)	65…120	0,54…1	→ max
3	Число аварийных выходов	2…6	0,33…1	→ max
4	Доступ к служебным дверям (см)	85…110	0,75…1	→ max
5	Ширина проходов (см)	40…65	0,77…1	→ max
6	Наклон прохода в продольном направлении (%)	0…8	0,5…1	→ min
7	Ступеньки: высота от поверхности земли (см) глубина (см)	36…43 12…25	0,84…1 0,48…1	→ min → max
8	Пассажирское сидение: ширина (см) глубина (см)	45…60 35…50	0,75…1 0,7…1	→ max → max
9	Свободное пространство между сидениями (см)	65…85	0,76…1	→ max
10	Высота горизонтальных поручней (см)	90…110	0,82…1	→ max
11	Освещение: пассажирский салон ступеньки подходы надписи	– + – + – + – +	0,5…1 0,5…1 0,5…1 0,5…1	→ max
12	Наличие приспособлений для связи с водителем	– +	0,5…1	→ max

Критерий **экологическая безопасность автобуса** легко формализуется по показателям выбросов вредных веществ в атмосферу. Они регламентируются нормативами в пределах классов экологической безопасности «Евро».

Формально для автобусов в РФ вступили в силу требования экологического класса «Евро-5» с 01.01.2018 года. Но в силу отсутствия необходимой технологической базы нефтепереработки для обеспечения автомобильной отрасли топливом соответствующего качества на территории РФ разрешено производство и продажа топлива класса не ниже Евро-4. В исследуемом предприятии СПб ГУП «Пассажиравтотранс» все автобусы модернизированы до экологического класса «Евро-4». Поэтому в данном исследовании в качестве нижней границы признака эффективности «экологическая безопасность автобуса» принимается экологический класс «Евро-4», а верхней «Евро-6». Показатели эффективности могут быть формализованы в виде относительной шкалы количества выборов вредных веществ в атмосферу (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Показатели критерия экологическая безопасность автобуса

№	Эргономический показатель	Значения показателя	Нормированное значение показателя	
13	Экологический класс автобуса	Евро-4 Евро-5 Евро-6	0,5 0,75 1	→ max

Разрабатываемая методика определения коэффициентов сохранения эффективности позволяет решать задачи с достаточно большим (неограниченным) количеством критериев эффективности, потому необходимо разработать принципиальную система управления качества автобусов с применением модели определения КСЭ в виде иерархии дерева целей и дерева систем на базе программно-целевого метода. Важным отличием представленной иерархии системы управления качеством автобуса является формирования одного иерархического уровня комплекса критериев качества – работоспособность автобуса, безопасность (экологическая и конструктивная) и затраты на эксплуатацию. Декомпозиция система управления качеством автобусов с применением модели определения КСЭ приведена на рисунке 2.9.

Рисунок 2.9 – Декомпозиция иерархии модели применяя КСЭ автобусов

2.5 Выводы по второй главе

Во второй главе разработана концепция модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов. Комплексность разработанной модели определяется наличием в системе показателей, отражающих не только уровень развития технологических процессов в АТП, но и обеспечения безопасности при перевозках пассажиров.

1. Определено, что КСЭ может служить критерием оптимизации при взаимодействии системы ТЭА с системами более высокого уровня, которые определяются совокупностью требований общества к обеспечению качества обслуживания транспортом общего пользования.
2. Получена формула для определения КСЭ примет вид:

$$К_{сэ} = \frac{1}{Э_н}\sum_{i=1}^{n} Э_i P_i$$

где $Э_i$ – эффективность системы в i-м работоспособном состоянии автобуса; P_i – вероятность пребывания автобуса в i-м работоспособном состоянии; $Э_н = max(Э_i)$ – номинальное значение показателя эффективности объекта, определенное при условии отсутствия отказов или при соответствии их количества требованиям нормативной документации; n – количество работоспособных состояний объекта.

3. Разработан алгоритм применения КСЭ в системе ТЭА.
4. Разработана структура критериев и формализованы параметры эффективности в модели определения коэффициента сохранения эффективности автобусов.
5. Определены методы решения многокритериальных задач, применимые к информационным состояниям модели определения КСЭ, удовлетворяющие следующим требованиям: отсутствие формализованной связи между весами (c_{ij}) или коэффициентами относительной важности отдельных критериев (K_j) качества исследуемого процесса; полученное решение должно быть оптимально эффективным из возможных альтернатив в количественных оценках с учётом показателей эффективности по установленным критериям качества.
6. Разработана система управления ТЭА с применением модели определения КСЭ в виде иерархии дерева целей и дерева систем на базе программно-целевого метода.

3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОХРАНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОБУСА

3.1 Алгоритм аналитического расчёта коэффициента сохранения эффективности автобусов

Основное назначение методики определения коэффициента сохранения эффективности автобусов – обеспечение управления возрастной структурой парка автобусов пассажирского АТП с учётом активного влияния внешней социотехнической среды эксплантации.

Основное назначение коэффициента сохранения эффективности автобусов отражать степень влияния внешней среды эксплуатации изменение значений показатели технической эксплуатации автобусов, в первую очередь, на значение пробега до его списания.

Поэтому аналитический расчёт КСЭ должен производится в два основных этапа:

1. Определение показателей ТЭА в соответствии с планируемым на АТП или заложенными предприятиями производителями автобусов сроком эксплуатации автобусов
2. Определение отклонений значений показателей ТЭА последовательно на отдельных интервалах ТО в процессе эксплуатации автобусов и выявление закономерностей, определяющих данные отклонения.

<u>1 этап</u>. Для определения КСЭ формируется возрастная расчётная группа одной модели автобусов. Расчёт КСЭ производится для каждого интервала ТО автобусов, поэтому необходимо адаптировать существующею методику определения показателей ТЭА (ТО и ТР) к условию, когда в качестве расчётного цикла принимается полный цикл интервалов ТО в пределах планируемого пробега до списания автобусов. Это необходимо так продолжительность расчётных циклов ТО и ТР может быть различна, в зависимости от климатических условий, условий организации труда на АТП и т.д.

Общие простои автобусов за один цикл ТО:

$$N_j^{\text{ТО}} = \sum_{i=1}^{n}\left(N_{ji}^{\text{ТО}} \cdot m_{ij}^{\text{ТО}}\right), \text{ час,} \quad (3.1)$$

где $N_{ij}^{\text{ТО}}$– регламентная величина простоя автобуса в ТО; i – индекс отдельного вида ТО в цикле; j – индекс отдельного автобуса в пределах расчётной группы; $m_{ij}^{\text{ТО}}$– количество одного типа ТО за цикл.

Общее число ТО каждого типа для всех автобусов за цикл е:

$$\text{М}_{ij}^{\text{ТО}} = \text{А}_j^{\text{сп}} \cdot m_{ij}^{\text{ТО}}, \text{ ед.} \quad (3.2)$$

где $\text{А}_j^{\text{сп}}$- списочное число автобусов в одной возрастной группе, ед.

Суммарной время простоя в отдельном типе ТО всех автобусов в отдельной возрастной группе:

$$\text{Т}_{ij}^{\text{ТО}} = \text{М}_{ij}^{\text{ТО}} \cdot N_{ji}^{\text{ТО}}, \text{ час.} \quad (3.3)$$

Общее время простоев всех автобусов в ТО в одной возрастной группе:

$$\text{Т}_j^{\text{ТО}} = \sum_{i=1}^{n} \text{Т}_{ij}^{\text{ТО}}, \text{ час.} \quad (3.4)$$

Время простоя автобусов в ТР за один цикл:

$$\text{Д}_j^{\text{ТР}} = \frac{N_{ji}^{\text{ТР}} \cdot L_{\text{Ц}}}{1000}, \text{ дн/1000 км,} \quad (3.5)$$

где $N_{ji}^{\text{ТР}}$ – норматив для автобусов в ТР, дней/1000 км;

$L_{\text{Ц}}$– пробег автобуса за цикл, км.,

Продолжительность расчётного цикла в днях:

$$Д_j^{Ц} = Д_j^{рц} + Д_j^{ТО} + Д_j^{ТР}, \text{ дн.} \quad (3.6)$$

Количество дней работы автобуса за цикл:

$$Д_j^{рц} = \frac{L_{Ц}}{l_j^{сс}}, \text{ дн.} \quad (3.7)$$

где $l_j^{сс}$– пробег автобуса за сутки, км.

Количество дней простоя автобуса в ТО за цикл:

$$Д_j^{ТО} = \frac{N_j^{ТО}}{Т_{сут}^{зто}}, \text{ дн.,} \quad (3.8)$$

где $Т_{сут}^{зто}$– продолжительность работы зоны ТО за смену.

Переход от цикла к году необходим для расчета годовой производственной программы по ТО и ТР. Коэффициент перехода определяется по формуле:

$$\eta_j^{Ц} = \frac{Д_{рг}^{пс}}{Д_j^{Ц}}, \quad (3.9)$$

где $Д_{рг}^{пс}$ – дни работы автобусов в году, дн.

Общее время простоев автобусов в ТО за год всех автобусов одной возрастной группы за один цикл:

$$Т_{Гj}^{ТО} = \eta_j^{Ц} \cdot Т_j^{ТО}, \text{ час.} \quad (3.10)$$

где $Т_j^{ТО}$– общее время простоев автобусов в ТО за цикл.

Годовой рабочий фонд зоны ТО:

$$Ф_{Г}^{ТО} = Т_{сут}^{зто} \cdot Д_{рг}^{ТО}\ ,\ \text{час.} \quad (3.11)$$

где $Д_{рг}^{ТО}$ - дни работы в году зоны ТО, дн.

Тогда общая трудоемкость ТО (кроме $ЕО_{Т}$) за цикл автобусов одной возрастной группы:

$$t_{j}^{ТО} = \sum_{i=1}^{n} t_{ij}^{ТО} \cdot m_{ij}^{ТО}\ ,\ \text{чел·час,} \quad (3.12)$$

где $m_{ij}^{ТО}$– количество ТО за цикл, ед.;

$t_{ij}^{ТО}$– трудоёмкость ТО, чел-час.

Общая трудоемкость работ ТО за цикл для всех автобусов одной возрастной группы:

$$t_{Цj}^{ТО} = t_{j}^{ТО} \cdot А_{j}^{сп}\ ,\ \text{чел·час} \quad (3.13)$$

Годовой объем работ по ТО с учётом перехода от цикла к году определяется по формуле:

$$t_{Гj}^{ТО} = t_{Цj}^{ТО} \cdot \eta_{j}^{Ц}\ ,\ \text{чел·час} \quad (3.14)$$

где $\eta_{j}^{Ц}$ – коэффициент перехода от цикла к году;

Общий годовой объем работ ТО парка автобусов определяется по формуле:

$$t_{Г}^{ТО} = \sum_{j=1}^{m} t_{Гj}^{ТО}\ ,\ \text{чел·час} \quad (3.15)$$

КТИ для каждой модели автобусов:

$$\alpha_j^{\text{т}} = \frac{\text{Д}_j^{\text{рц}}}{\text{Д}_j^{\text{ц}}}, \tag{3.16}$$

Средний КТИ для парка автобусов определяется по формуле:

$$\alpha_{\text{т}} = \frac{\sum_{j=1}^{m}(\alpha_j^{\text{т}} \cdot \text{А}_j^{\text{сп}})}{\sum_{j=1}^{m} \text{А}_j^{\text{сп}}}. \tag{3.17}$$

Удельная трудоёмкость работ по ТР пределах одного цикла:

$$\text{Т}_{\text{тр}u} = \frac{\sum_{k=1}^{p_u} t_{\text{тр}ku}}{\Delta l_u} \cdot 1000, \text{чел·час/1000 км} \tag{3.18}$$

$$\text{Т}_{\text{тр}u} = \frac{10^3}{L_{\text{ц}j}^{\text{то}}} \cdot \sum_{k=1}^{n_u} t_{\text{тр}ku}, \text{ чел·час/1000 км} \tag{3.19}$$

где p – индекс воздействий ТР в пределах цикла ТО;

u – индекс цикла ТО;

$L_{\text{ц}u}^{\text{то}}$ – пробег автобуса за цикл ТО;

$t_{\text{тр}ku}$ - трудоёмкость устранения отказа, чел·час.

Среднее значение показателя удельная трудоёмкость ТР на текущем значении пробега автобуса:

$$\bar{t}_{\text{тр}} = \frac{\sum_{u=1}^{v} \text{Т}_{\text{тр}u}}{m}, \text{ чел·час/1000 км} \tag{3.20}$$

$$\bar{t}_{\text{тр}} = \frac{1}{v} \cdot \sum_{u=1}^{v} \text{Т}_{\text{тр}u} \text{чел·час/1000 км} \tag{3.21}$$

где v – число циклов ТО в пределах исследуемого пробега автомобиля, ед.

После преобразований получим:

$$\bar{t}_{\text{тр}} = \frac{10^3}{v} \cdot \sum_{u=1}^{v} \sum_{k=1}^{p} \frac{t_{\text{тр}kj}}{L_{\text{ц}u}^{\text{то}}}. \text{ чел·час/1000 км} \quad (3.22)$$

Значение показателя трудоемкость работ ТР для всех автобуса в пределах одного цикла:

$$t_{\text{Ц}j}^{\text{ТР}} = \text{Т}_{\text{тр}u}(t_u^{\text{ТР}}) \cdot \text{А}_j^{\text{сп}} \text{ , чел·час} \quad (3.23)$$

Годовой объем работ по ТР рассчитывается с учётом коэффициента перехода от цикла к году:

$$t_{\text{Г}j}^{\text{ТР}} = t_{\text{Ц}j}^{\text{ТР}} \cdot \eta_j^{\text{Ц}} \text{ , чел·час} \quad (3.24)$$

Годовой объем работ ТР по каждой модели автобусов:

$$t_j^{\text{ТР}} = \frac{L_{\text{Г}j} \cdot t_{\text{Г}j}^{\text{ТР}}}{1000} \text{ , чел·час} \quad (3.25)$$

Общий годовой объем работ ТР автобусов:

$$\text{Т}_j^{\text{ТР}} = \frac{L_{\text{Г}j} \cdot \text{А}_j^{\text{сп}} \cdot \text{Т}_{\text{тр}uj}}{1000}, \text{ чел·час} \quad (3.26)$$

где годовой пробег автобуса определяется по формуле:

$$L_{\text{Г}j} = L_j^{\text{Ц}} \cdot \frac{\text{Д}_j^{\text{рц}}}{\text{Д}_j^{\text{Ц}}}, \text{ км.} \quad (3.27)$$

Приведенный алгоритм расчёта показателей ТО и ТР автобусов позволяет адаптировать существующею методику определения производственной программы по ТО и ТР условию, когда в качестве расчётного цикла принимается цикл, состоящий из интервалов ТО на момент времени определения КСЭ. Что в свою очередь позволяет формировать вектор-строку $[Э_н = m(Э_i)]$ – номинальных значений показателя эффективности автобуса, определимых в соответствии с плановыми показателями.

$$К_{сэ} = \frac{1}{Э_н = [\bar{t}_{то,тр}ij, \bar{к}_{ij}\bar{э}_{ij}\bar{s}_{ij}]} \sum_{i=1}^{n} Э_i P_i \qquad (3.28)$$

где $Э_i$ – эффективность системы в *i*-м работоспособном состоянии автобуса ;

P_i – вероятность пребывания автобуса в *i*-м работоспособном состоянии;

n – количество работоспособных состояний объекта (интервалов ТО);

$\bar{t}_{то,тр}ij$ – удельная трудоёмкость ТО и ТР на момент *i*-го интервала ТО для *j*-го автобуса;

$\bar{к}_{ij}$ – показатель эффективности по критерию конструктивная безопасность на момент *i*-го интервала ТО для *j*-го автобуса;

$\bar{э}_{ij}$ – показатель эффективности по критерию экологическая безопасность на момент *i*-го интервала ТО для *j*-го автобуса;

$\bar{s}_{ij}$ - показатель эффективности по критерию затраты на эксплуатацию на момент *i*-го интервала ТО для *j*-го автобуса.

<u>2-ой этап:</u> Для определения отклонений значений показателей ТЭА, а также показателей по другим критериям эффективности на отдельных последовательных интервалах ТО в процессе эксплуатации автобусов и выявление закономерностей, определяющих данные отклонения, необходимо сформировать матрицу эффективностей текущего состояния автобусов.

$$\sum_{i=1}^{n} Э_i P_i = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & & & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix} \quad (3.29)$$

Для нашего случая, то есть для четырёх критериев эффективности матрица текущего состояния автобуса примет вид:

$$\sum_{k=1}^{4} Э_k P_i = \begin{pmatrix} t_{\text{то,тр}11} & к_{12} & э_{13} & s_{14} \\ t_{\text{то,тр}11} & к_{22} & э_{23} & s_{24} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{\text{то,тр}m1} & к_{m2} & э_{m3} & s_{m4} \end{pmatrix} \quad (3.30)$$

где k – индекс критериев эффективности;

$t_{\text{то,тр}m1}$ - удельная трудоёмкость ТО и ТР для *i*-го интервала ТО *j*-го автобуса;

$к_{mk}$ - показатель эффективности по критерию конструктивная безопасность для *i*-го интервала ТО *j*-го автобуса;

$э_{mk}$ - показатель эффективности по критерию экологическая безопасность для *i*-го интервала ТО *j*-го автобуса;

s_{mk} - показатель эффективности по критерию затраты на эксплуатацию для *i*-го интервала ТО *j*-го автобуса.

Тогда формула для определения КСЭ примет вид:

$$К_{сэ} = \frac{\begin{pmatrix} t_{\text{то,тр}11} & к_{12} & э_{13} & s_{14} \\ t_{\text{то,тр}11} & к_{22} & э_{23} & s_{24} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ t_{\text{то,тр}m1} & к_{m2} & э_{m3} & s_{m4} \end{pmatrix}}{[\bar{t}_{\text{то,тр}j1}, \bar{к}_{j2}, \bar{э}_{j3}, \bar{s}_{j4}]} = \frac{Д_т}{\bar{Д}_н} \quad (3.31)$$

где $K_1 = t_{\text{то,тр}}(l) \to min;$

$K_2 = к_б(l) \to max;$

$K_1 = э_б(l) \to max;$

$K_1 = s_э(l) \to min.$

Решение данной задачи сводится к решению задачи линейного программирования для получения значений эффективности ($Д_{тj}$) для каждого автобуса на каждом интервале ТО и сравнения его с нормативным значением ($\overline{Д}_н$). Причем ($Д_{тj}$) определяется из условия максимального возможной эффективности функционирования всех автобусов $D_{тj}$ в пределах одной группы. Аналитический алгоритм данного решения подробно описан в ряде работ [75, 95, 96,99] и приведен в пункте 2.3.

В соответствии с принятыми ранее обозначениями

$$\sum_{k=1}^{4} P_j = 1,\ P_j \geq 0,\ \ k = 1,2 \dots 4 \text{ или } \sum_{k=1}^{4} c_k = 1,\ c_k \geq 0,\ \ j = 1,2 \dots 4. \quad (3.32)$$

Сформируем условие задачи:

$$\begin{aligned} K_1 &= a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + \cdots + a_{1j}x_j \to \min, \\ K_2 &= a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{1j}x_j \to \max, \\ K_3 &= a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + \cdots + a_{1j}x_j \to \max, \\ K_3 &= a_{14}x_1 + a_{24}x_2 + \cdots + a_{1j}x_j \to \min, \end{aligned} \quad (3.33)$$

$$x_i = \begin{cases} N, i = j \\ O, i \neq j \end{cases},\quad i = \overline{1,4}\ ,\ j = \overline{1,n}.$$

$$0 \leq \mathrm{c}_k \leq 1, \quad k = \overline{1,4}, \quad \sum_{k=1}^{4} \mathrm{c}_j = 1, \quad (3.34)$$

$$\mathrm{c}_1 \geq \mathrm{c}_2 \geq \mathrm{c}_3 \geq \mathrm{c}_4 \quad (3.35)$$

Тогда

$$\begin{cases} D_{тj} = \sum_{k=1}^{4} a_{ik}\mathrm{c}_k \to opt, \\ \sum_{k=1}^{4} \mathrm{c}_k = 1,\ 0 \leq \mathrm{c}_k \leq 1, \mathrm{c}_k \geq \mathrm{c}_{k+1}, i = \overline{1,n} \end{cases} \quad (3.36)$$

Принципиальным отличием решения данной задачи в целях достижения целей исследования является механизм перевода значений показателей ($t_{\text{то,тр}}$) в относительные единицы. Значения данных показателей вычисляются по следующими формулам:

$$b_{ij} = \begin{cases} \dfrac{t_{\text{то,тр}_{ij}}^{(\text{т})}}{\max\limits_{1 \ll j \ll n} t_{\text{то,тр}_{ij}}^{(\text{т})}}, \text{ если } i - \text{й показатель ТО и ТР максимизируется,} \\ \dfrac{\min\limits_{1 \ll j \ll n} t_{\text{то,тр}_{ij}}^{(\text{т})}}{t_{\text{то,тр}_{ij}}^{(\text{т})}}, \text{если } i - \text{й показатель ТО и ТР минимизируется.} \end{cases} \quad (3.37)$$

Далее решение производится по формуле (2.30), то есть определяются коэффициенты относительной важности (КОВ) по каждому критерию для каждого варианта решения – автобуса в рассматриваемой группе. Полная совокупность возможных распределений КОВ для одного автобуса на одном интервале ТО может быть представлена в виде поверхности эффективных решений (рисунок 3.1).

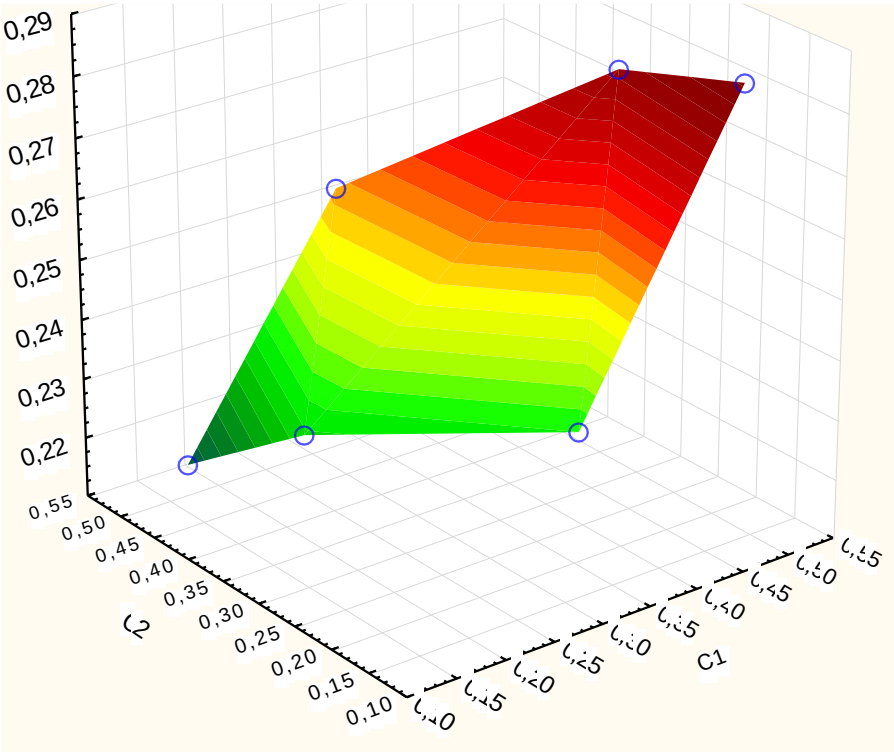


Рисунок 3.1 - Множество распределений КОВ для одного автобуса на одном интервале ТО

Далее определяется эффективность каждого автобуса в пределах одной возрастной группы по формуле:

$$Д_{тj} = \sum_{k=1}^{4} b_{jk} c_k \quad (3.39)$$

тогда КСЭ для отдельных автобусов

$$К_{сэj} = \frac{Д_{тj}}{\bar{Д}_н} \quad (3.31)$$

3.2 Разработка программного обеспечения методики определения коэффициента сохранения эффективности автобусов

Выполнение расчётов по разработанной методике определения КСЭ является многоступенчатой и трудоёмкой задачей, связанной с большими объемами вычислительных процедур. Наиболее перспективным направлением реализации методов численного моделирования по разработанной методике определения КСЭ является компьютерное моделирование. Помимо основных расчётов компьютерное моделирование позволяет производить ряд численных экспериментов с целью аналитической интерпретации управления качеством эксплуатации автобусов с последующим уточнением наиболее эффективной модели. Уточнение модели производится при изменении отдельных дискретных состояний (интервалов ТО).

Блок-схема алгоритма оптимизации при решении многокритериальной задачи в виде численного (компьютерного) моделирования приведена на рисунке 3.2.

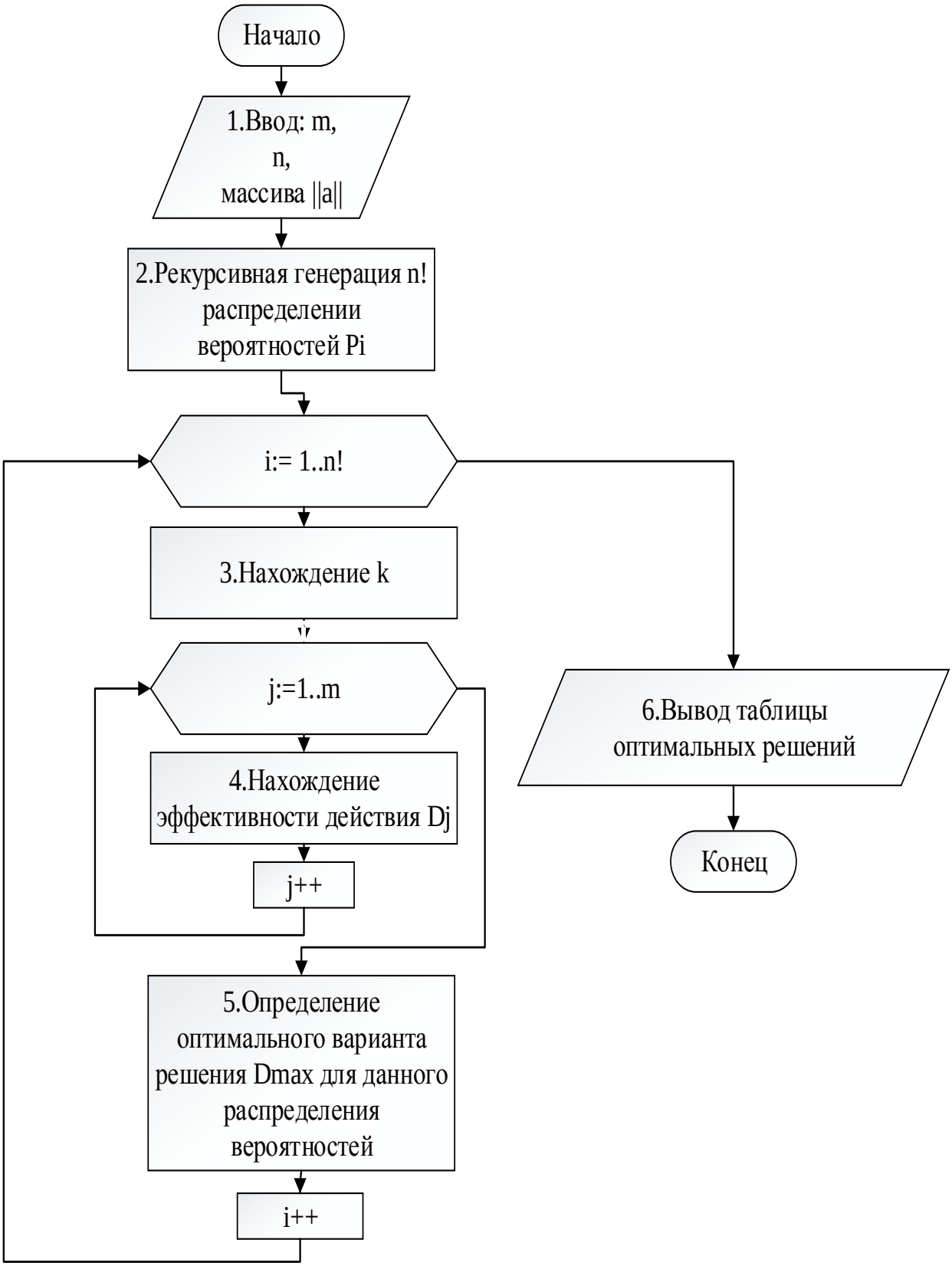


Рисунок 3.2 – Блок-схема алгоритма оптимизации при решении многокритериальной задачи в виде численного (компьютерного) моделирования

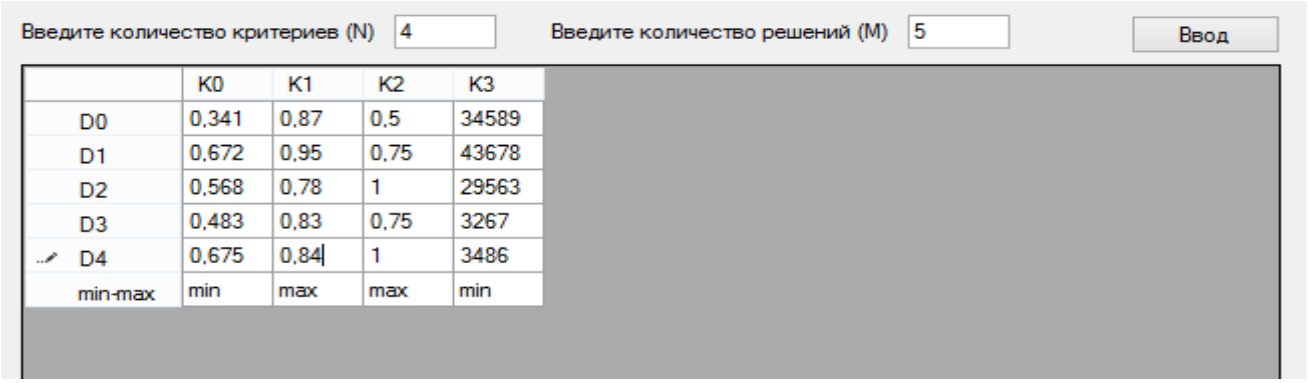
На основании алгоритма оптимизации при решении многокритериальной задачи в виде численного (компьютерного) моделирования и методики определения показателей для отдельных критериев качества автобусов разработано специализированное ПО (**приложение В**).

Название программы: «Система многокритериальной оценки коэффициента сохранения эффективности автобусов»

Аннотация программы: Программа предназначена для определения коэффициента сохранения эффективности автобусов, позволяющего уточнять эффективный срок эксплуатации автобуса. Основной идеей программы является получение оптимального решения, учитывающего неограниченное количество актуальных критериев эксплуатации автобусов. В программе используется аналитические методы получения Парето-оптимальных решений в многокритериальных задачах, исключающие возможность субъективной оценки. Для определения оптимального значения коэффициента сохранения эффективности автобусов необходимо внести имеющиеся данные технических показателей использования автобусов. В результате работы программы будут получено значение коэффициента максимально соответствующее условиям функционирования автотранспортного предприятия, по формализованным значениям установленных критериев эффективности.

Технические характеристики ПО: ЭВМ: IBM PC – совместимый ПК; Язык программирования - C#; ОС -Windows XP/Vista/7/8/10; Объём программы: 20 Кб

Пример расчёта для 5-ти автобусов по 4-м критериям эффективности



	K0	K1	K2	K3
D0	0,341	0,87	0,5	34589
D1	0,672	0,95	0,75	43678
D2	0,568	0,78	1	29563
D3	0,483	0,83	0,75	3267
D4	0,675	0,84	1	3486
min-max	min	max	max	min

Рисунок 3.3 – Ввод исходных данных

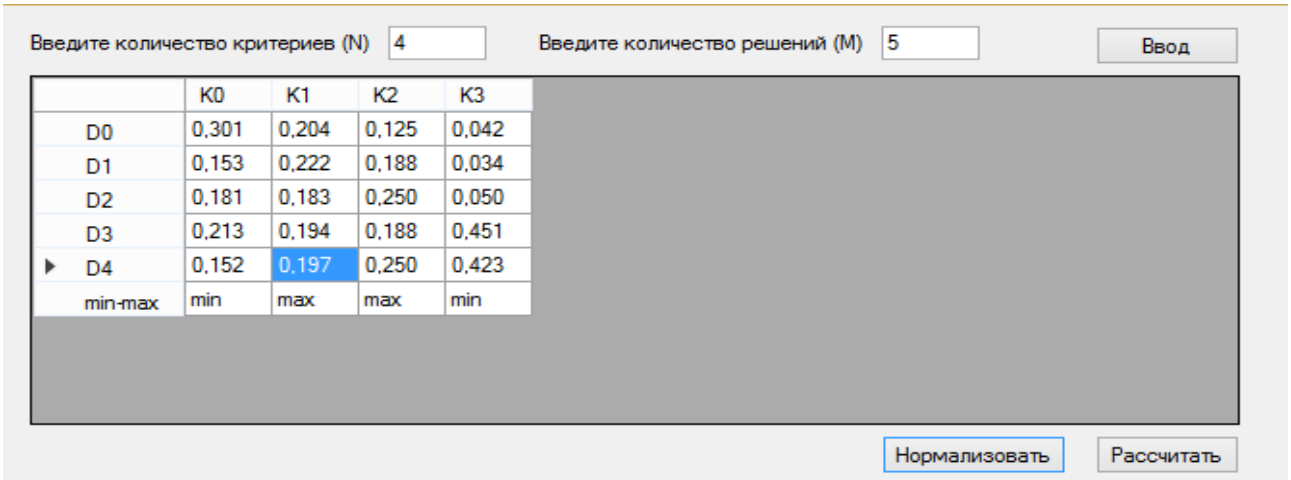


Рисунок 3.4 – Нормировка параметров с учётом целеполагания

Таблица 3.1 – Результаты расчёта текущей эффективности автобусов

	1	P1>P2>P3>P4	D0=0.30; D1=0.19; D2=0.20; D3=0.26; D4=0.26; 1	D0=0,168
	2	P1>P2>P4>P3	D0=0.30; D1=0.19; D2=0.14; D3=0.26; D4=0.26; 1	D1=0,149
	3	P1>P3>P2>P4	D0=0.30; D1=0.17; D2=0.20; D3=0.26; D4=0.26; 1	D2=0,166
	4	P1>P3>P4>P2	D0=0.30; D1=0.17; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 1	D3=0,262
	5	P1>P4>P3>P2	D0=0.30; D1=0.09; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 1	D4=0,256
	6	P1>P4>P2>P3	D0=0.30; D1=0.09; D2=0.14; D3=0.26; D4=0.26; 1	
	7	P2>P1>P3>P4	D0=0.20; D1=0.19; D2=0.20; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	8	P2>P1>P4>P3	D0=0.20; D1=0.19; D2=0.14; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	9	P2>P3>P1>P4	D0=0.20; D1=0.21; D2=0.20; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	10	P2>P3>P4>P1	D0=0.20; D1=0.21; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	11	P2>P4>P3>P1	D0=0.20; D1=0.13; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	12	P2>P4>P1>P3	D0=0.20; D1=0.13; D2=0.14; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	13	P3>P2>P1>P4	D0=0.13; D1=0.21; D2=0.20; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	14	P3>P2>P4>P1	D0=0.13; D1=0.21; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	15	P3>P1>P2>P4	D0=0.13; D1=0.17; D2=0.20; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	16	P3>P1>P4>P2	D0=0.13; D1=0.17; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	17	P3>P4>P1>P2	D0=0.13; D1=0.11; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	18	P3>P4>P2>P1	D0=0.13; D1=0.11; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	19	P4>P2>P3>P1	D0=0.04; D1=0.13; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	20	P4>P2>P1>P3	D0=0.04; D1=0.13; D2=0.14; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	21	P4>P3>P2>P1	D0=0.04; D1=0.11; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	22	P4>P3>P1>P2	D0=0.04; D1=0.11; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	23	P4>P1>P3>P2	D0=0.04; D1=0.09; D2=0.16; D3=0.26; D4=0.26; 4	
	24	P4>P1>P2>P3	D0=0.04; D1=0.09; D2=0.14; D3=0.26; D4=0.26; 4	

3.2 Выводы по третьей главе

В третьей главе разработана методика определения коэффициента сохранения эффективности автобусов, основное назначение которой, обеспечение механизмов эффективного управления возрастной структурой парка автобусов пассажирского АТП с учётом активного влияния внешней социотехнической среды эксплантации. Основным инструментом разработанной методики является коэффициент сохранения эффективности автобусов, который отражать степень влияния внешней среды эксплуатации на изменение значений показателей ТЭА, в первую очередь, на значение пробега до его списания.

В разработанной методике аналитический расчёт КСЭ производится в два основных этапа:

1. Определение показателей ТЭА в соответствии с планируемым на АТП или заложенными предприятиями производителями автобусов сроком эксплуатации автобусов
2. Определение отклонений значений показателей ТЭА последовательно на отдельных интервалах ТО.

Решение данной задачи сводится к решению задачи линейного программирования для получения значений эффективности ($Д_{тj}$) для каждого автобуса на каждом интервале ТО и сравнения его с нормативным значением ($\overline{Д}_{н}$). Причем ($Д_{тj}$) определяется из условия максимального возможной эффективности функционирования всех автобусов $D_{тj}$ в пределах одной групп. Таким образом **разработан механизм управления динамикой изменения КСЭ автобуса в зависимости от пробега с начала его эксплуатации**, позволяющий оптимизировать сроки его эксплуатации

Для реализации большого количества вычислительных процедур по сформированной методике **разработана социализированное ПО – «Система многокритериальной оценки коэффициента сохранения эффективности автобусов».**

Данное ПО предназначено для определения КСЭ автобусов, позволяющего уточнять эффективный срок эксплуатации автобуса. Основной идеей программы является получение оптимального решения, учитывающего неограниченное количество актуальных критериев эксплуатации автобусов. В программе используется аналитические методы получения Парето-оптимальных решений в многокритериальных задачах, исключающие возможность субъективной оценки. Для определения оптимального значения КСЭ автобусов необходимо внести имеющиеся данные технических показателей использования автобусов. В результате работы программы будут получено значение коэффициента максимально соответствующее условиям функционирования автотранспортного предприятия, по формализованным значениям установленных критериев эффективности.

4. АПРОБАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СОХРАНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОБУСА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СРЕДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПАССАЖИРСКОГО АТП

4.1 Методика обработки и анализа экспериментальных данных исследуемого парка автобусов

Достоверность проведение экспериментальных исследований требует определить объём выборки исходя из двух основных условий:

- необходимость получения объективных данных об изучаемом объекте или процессе;
- экономической целесообразности, то есть объём выборки экспериментальных данных должен быть минимальным [74];

При этом выборка исследуемого фактора (влияние пробега с начала эксплуатации автобуса на показатели эффективности) представляет собой совокупность элементов (x_1, x_2, … x_n) определенных случайным образом из генеральной совокупности данных. Генеральной совокупность данных – это бесконечное или конечное множество элементов, объединенных между собой неким количественным или качественным аргументом [20,23]. Объём выборки данных всегда меньше объёма данных всей генеральной совокупности возможных значений и поэтому оценки, определяемые в ходе исследования и анализа выборочных совокупностей имеют погрешность. Исходя из допустимой величины погрешности формируется величина объёма выборки, то есть должен быть определен или известен закон распределения исследуемого фактора [36,37].

В таблицах 4.1, 4.2 и 4.3 приведен списочный состав, характеристика условий эксплуатации и значения средних годовых пробегов исследуемого подвижного состава и информация по снятию автобусов с линии по техническим причинам в АП №2 СПб ГУП «Пассажиравтотранс».

Таблица 4.1 – Парк подвижного состава и характеристика условий эксплуатации в АП №2 СПб ГУП «Пассажиравтотранс».

Марка автобуса	Год выпуска	Кол-во, ед.	Категория условий эксплуатации	Коэффициент корректирования нормативов в зависимости от категории условий эксплуатации	Нормативный пробег до КР, тыс. км
1. МАЗ 203085	2016	12	1	1	500
2. МАЗ 103486	2016	27	1	1	500
3. НефАЗ 52994	2012	22	3	0,8	500
4. НефАЗ 5299-30-32	2010	25	3	0,8	500
5. НефАЗ 5299-20-04	2004	4	3	0,8	500
6. ЛиАЗ 5256-40ДЗ	2004	8	3	0,8	500

Таблица 4.2 – Среднегодовой пробег автобусов

Общий пробег модели за исследуемый период (км)	МАЗ - 203085	МАЗ-103486	НефАЗ - 52994	НефАЗ - 5299-30-32	НефАЗ-5299-20-04	ЛиАЗ - 5256-40ДЗ
На начало 2019 года	2797,84	1231,5	215296,59	547339,30	716540,35	732300,58
01.01.	6614,60	4169,73	3840,34	3398,19	2767,05	3248,82
01.02.	4938,82	4595,42	3831,27	3064,81	2643,65	967,09
01.03.	5002,33	5281,90	5551,54	3761,18	2547,18	1351,25
01.04.	5327,86	5224,85	4541,08	3206,58	3345,77	78,7
01.05.	5112,53	5125,97	3226,06	3413,99	1756,06	1177,26
01.06.	4892,66	4589,34	4675,66	3247,76	2583,15	155,95
01.07.	5749,19	5946,25	3724,23	3279,46	1733,83	1088,81
01.08.	5618,46	4586,30	5158,8	3369,67	2488,04	2190,63
01.09.	6585,6	5486,36	3345,06	3494,43	2935,73	3350,72
01.10.	5407,13	5214,98	5422,63	3485,80	2714,13	3057,15
01.11.	4930,17	4856,25	3932,87	3623,84	3047,45	3161,46
01.12.	10093,91	8542,21	2750,6	3829,87	2393,62	2463,58
За 2018 год	**70273,26**	**63619,56**	**50000,14**	**41175,58**	**30955,66**	**22291,42**

Таблица 4.3 – Информация о снятии автобусов с линии в АП №2 СПб ГУП «Пассажиравтотранс» по техническим причинам

Марка автобуса	Пробег, тыс.км.	Количество сходов автобусов с линии и распределение по системам и агрегатам														
		ДВС	Система питания	Система охлаждения	Система выпуска	Пневмосистема	Электрика	Задний-передний	ГМП/КПП	Тормоза	Рулевое	Кузов	Трансмиссия	Подвеска	Шины	Итого
МАЗ-203085	0-100	6	9	4	0	2	16	3	6	21	1	21	0	2	1	**92**
МАЗ 103486	0-100	7	8	5	1	2	18	2	7	24	1	23	1	2	0	**101**
НефАЗ 52994	200-300	17	7	7	0	23	18	1	4	32	1	12	2	8	0	**132**
НефАЗ 5299-30-32	400-700	16	28	13	0	14	15	4	7	23	1	18	3	2	0	**144**
НефАЗ 5299-20-04	600-950	16	31	13	0	14	15	4	7	24	1	25	3	2	0	**155**
ЛиАЗ 5256	550-950	21	33	17	2	26	17	5	9	31	9	32	2	4	2	**210**

Распределение среднегодовых пробегов автобусов по маркам за приведено на рисунке 4.1.

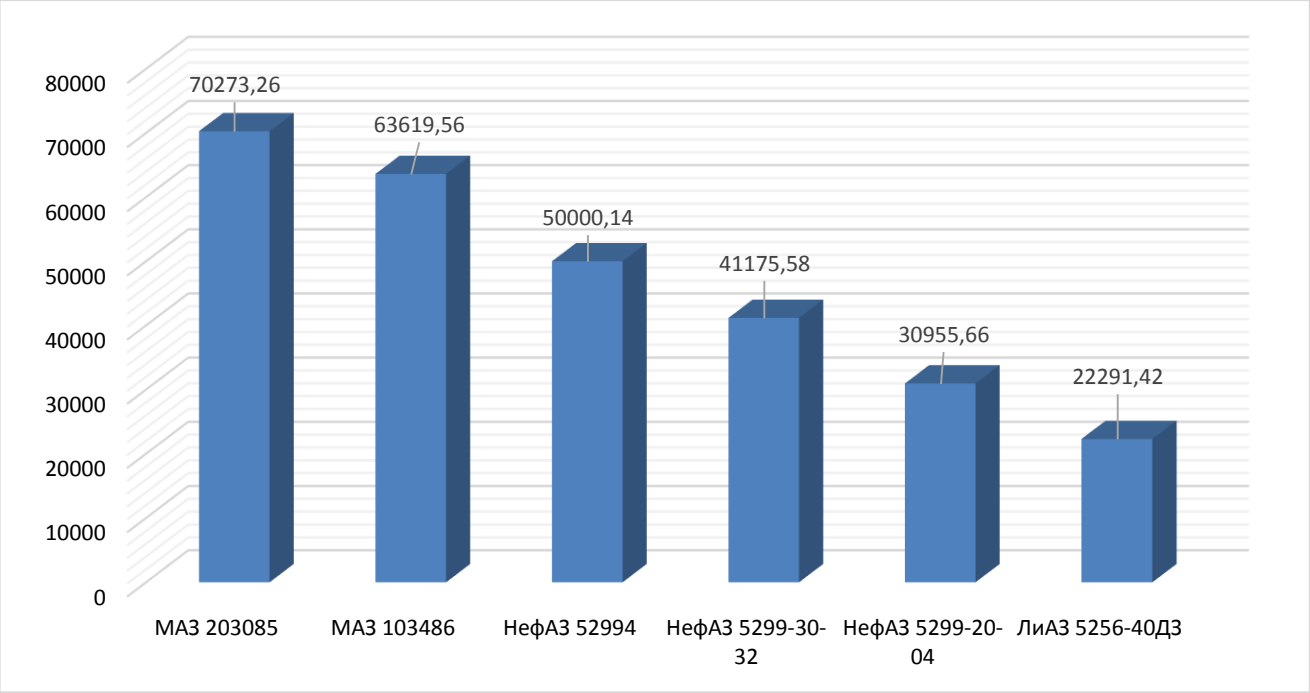


Рисунок 4.1 – Распределение среднегодовых пробегов автобусов по маркам

На рисунке 4.2 представлено количественные значения возвратов и сходов автобусов с линии по техническим причинам (распределение по маркам) за год.

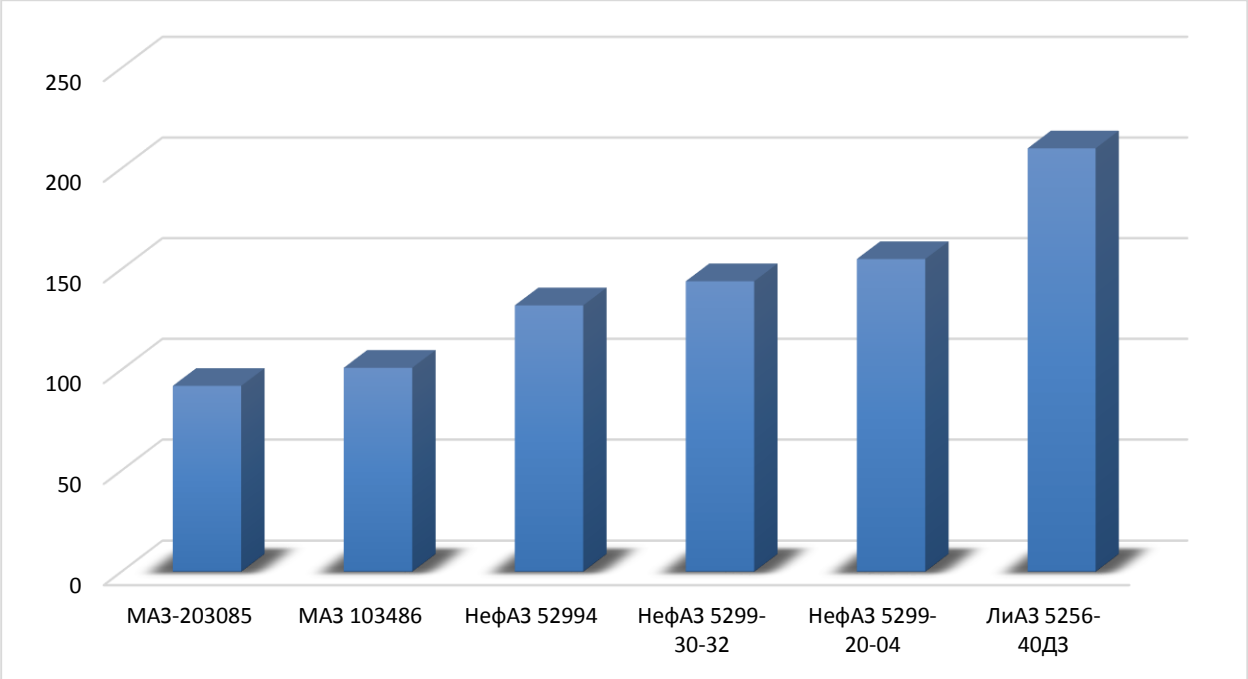


Рисунок 4.2 – Количественные значения возвратов и сходов автобусов с линии по техническим причинам (распределение по маркам)

На рисунке 4.3 приведена диаграмма частот распределения трудоёмкости текущего ремонта (ТР) для автобуса ЛиАЗ-5256

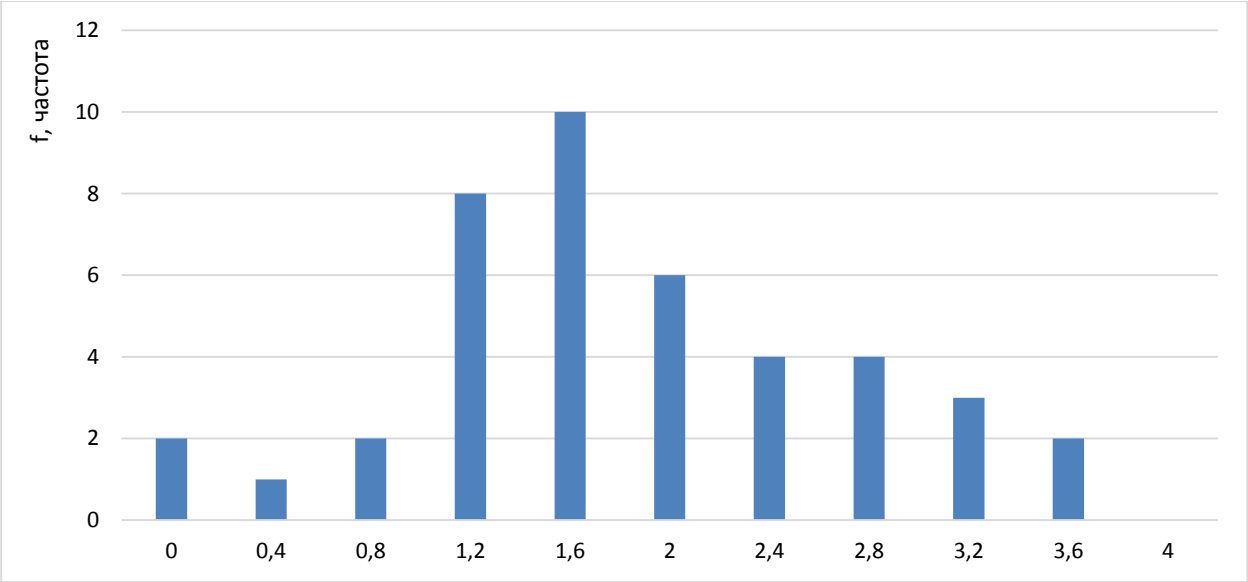


Рисунок 4.3 – Диаграмма частот распределения трудоёмкости ТР для автобуса ЛиАЗ-5256

На рисунке 4.4 приведено поле регрессии значений показателя неплановый ТР (чел. час) в зависимости от пробега с начала эксплуатации (0…170 тыс. км) для автобуса ЛиАЗ-5256.

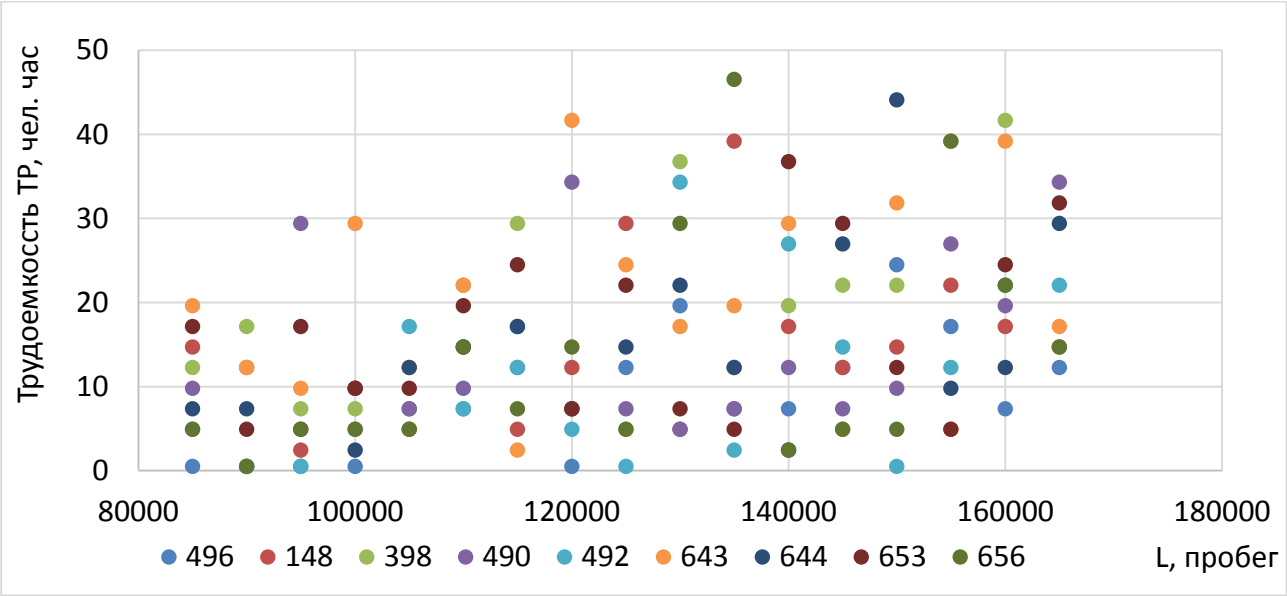


Рисунок 4.4 – Поле регрессии значений показателя неплановый ТР (чел. час) в зависимости от пробега с начала эксплуатации (0…170 тыс. км) для автобуса ЛиАЗ-5256.

На рисунке 4.5 приведено поле регрессии значений показателя неплановый ТР (чел. час) в зависимости от пробега с начала эксплуатации (170…250 тыс. км) для автобуса ЛиАЗ-5256.

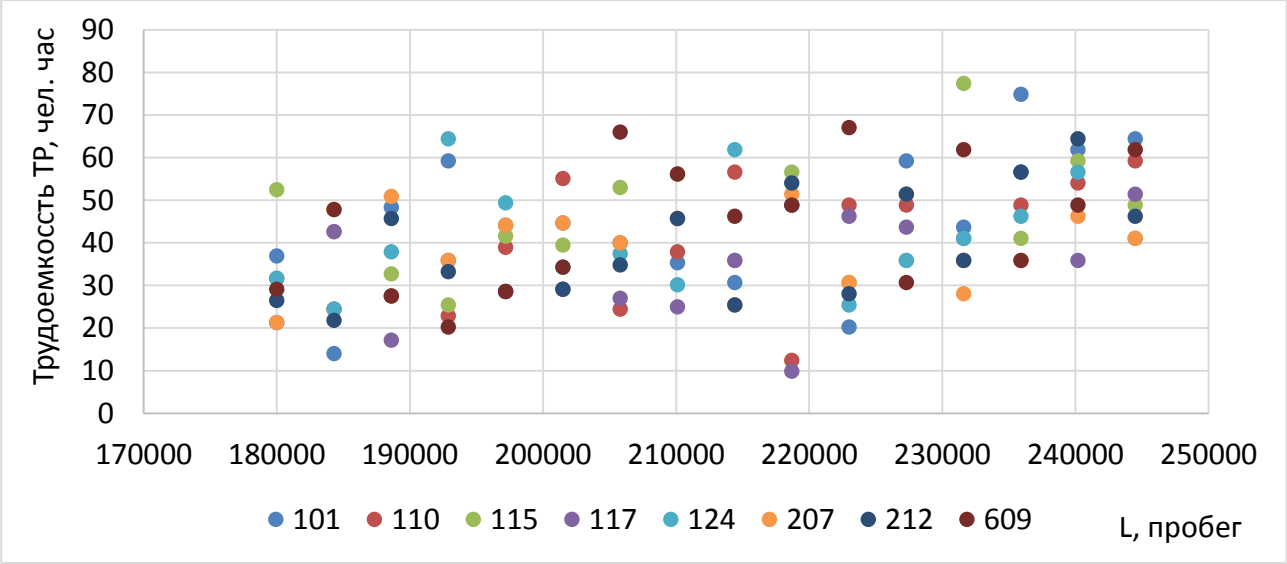


Рисунок 4.5 – Поле регрессии значений показателя неплановый ТР (чел. час) в зависимости от пробега с начала эксплуатации (170…250 тыс. км) для автобуса ЛиАЗ-5256.

На следующем этапе обработки экспериментальных данных использовались методы корреляционно-регрессионного анализа [22,24,38,39], что позволило получить функциональные зависимости изменения показателя неплановый ТР (чел. час) в зависимости от пробега с начала эксплуатации (0…250 тыс. км) для автобуса ЛиАЗ-5256.

На рисунках 4.6 и 4.7 приведены функциональные зависимости изменения показателя неплановый ТР (чел. час) в зависимости от пробега с начала эксплуатации (0…250 тыс. км) для автобуса ЛиАЗ-5256.

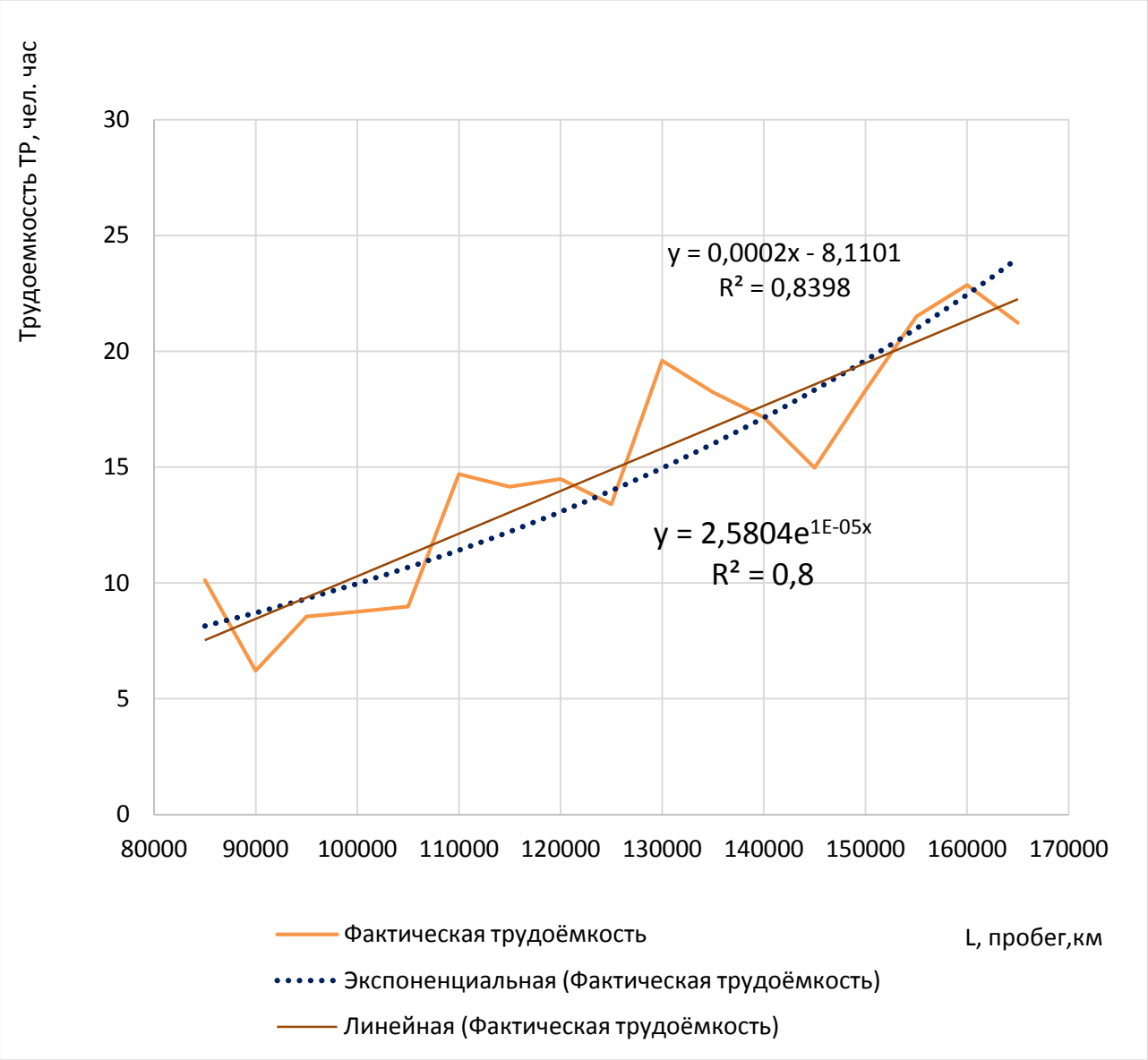


Рисунок 4.6 – Зависимость изменения показателя неплановый ТР (чел. час) для пробега с начала эксплуатации (0…170 тыс. км)

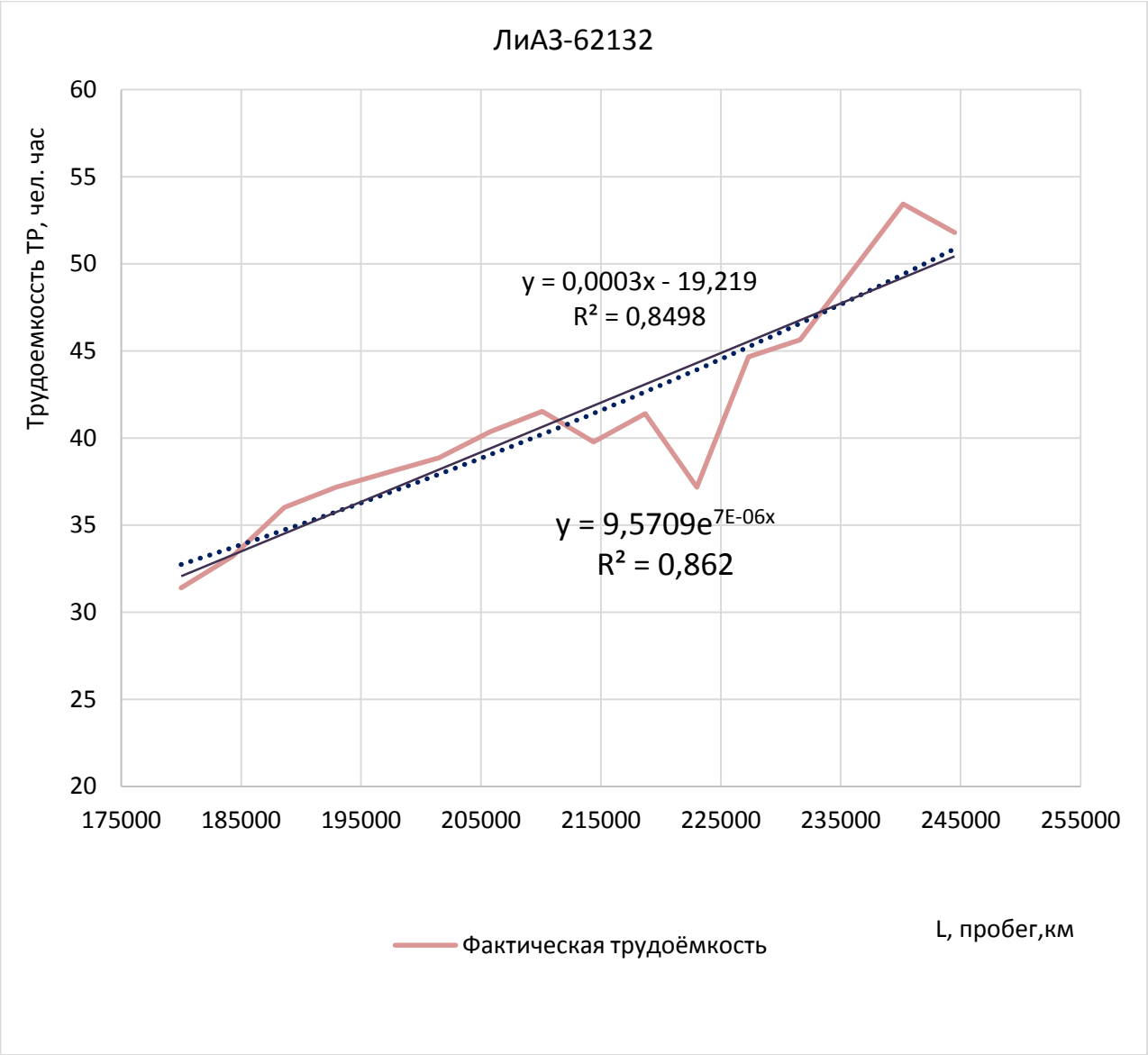


Рисунок 4.7 – Зависимость изменения показателя неплановый ТР (чел. час) для пробега с начала эксплуатации 175…250 тыс. км.

Полученные экспериментальные данные показателей ТО и ТР исследуемой группы автобусов позволяют перейти к значению КТИ [78]. На рисунке 4.8 и в таблице 4.4 (для ЛиАЗ-5256) и в ***Приложении Г*** (для всех моделей исследуемого парка) приведены данные, подтверждающие подчинение исследуемых величин нормальному закону распределения. Обработка экспериментальных данных проводилась с применением программного обеспечения «STATISTICA» и «**S**+» [16,21].

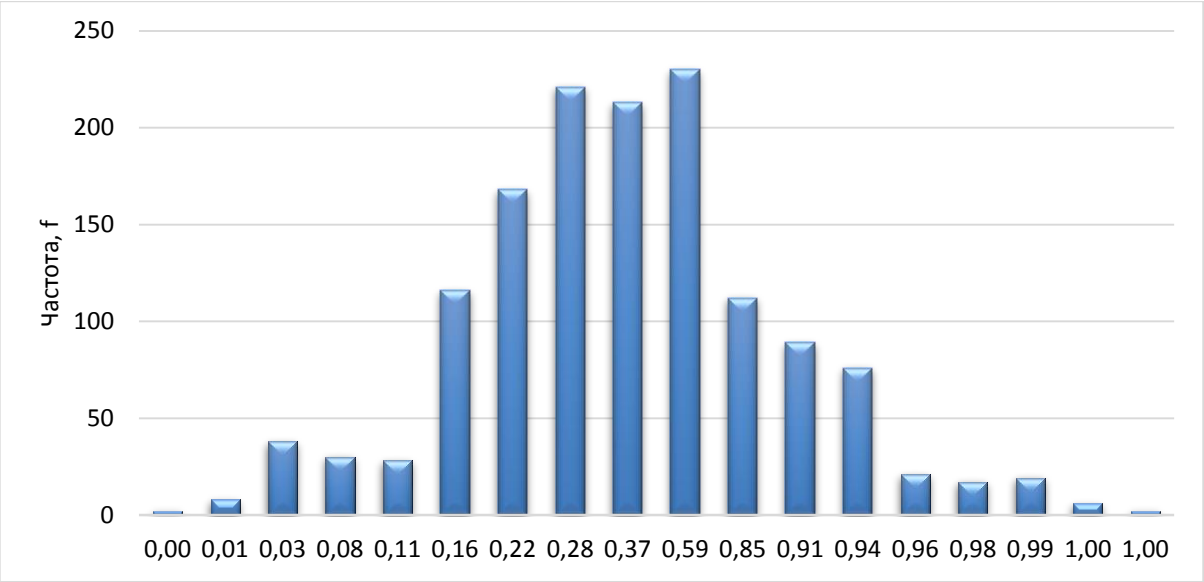


Рисунок 4.8 – Диаграмма распределения КТИ автобуса ЛиАЗ-5256-40ДЗ

Таблица 4.4 – Исследование распределения значений КТИ (ЛиАЗ-5256)

Интервалы	Абсолютная частота	Относительная частота	Накопленная частота
0,860	2	0,00146	0,00
0,868	8	0,00805	0,01
0,876	38	0,02414	0,03
0,884	30	0,04462	0,08
0,892	28	0,02780	0,11
0,900	116	0,05413	0,16
0,908	168	0,05633	0,22
0,916	221	0,05852	0,28
0,924	213	0,09729	0,37
0,932	230	0,21726	0,59
0,940	112	0,25969	0,85
0,948	89	0,06072	0,91
0,956	76	0,02780	0,94
0,964	21	0,01902	0,96
0,972	17	0,02634	0,98
0,980	19	0,00878	0,99
0,988	6	0,00585	1,00
0,996	2	0,00219	1,00
	1367		

Общая методика интеграции экспериментальных наблюдений в разработанную методику определения КСЭ приведена на рисунке 4.9.

Рисунок 4.9 - Общая методика интеграции экспериментальных наблюдений в разработанную методику определения КСЭ

4.2 Расчет технико-эксплуатационных показателей эффективности работы парка автобусов по применяемой и разработанной методике

1-ый этап. Выполняется расчет технико-эксплуатационных показателей эффективности работы парка автобусов по применяемой в ГУП «Пассажиравтотранс» методике, основанной на существующих нормативных документах [80,81]. Основные положения методики приведены в таблице 4.5. Результаты расчёта производственной программы по ТО и ТР автобусов и определенные технико-эксплуатационные показатели, и показатели эффективности приведены в ***Приложении Д***.

Таблица 4.5 – Основные положения применяемой в ГУП «Пассажиравтотранс» методики расчёта производственной программы по ТО и ТР парка автобусов

Выбор значения цикла (пробег до КР или до списания): $L_ц = L_{кр}$
1. Выбор периодичности ТО-1, ТО-2
2. Корректирование периодичности ТО-1, ТО-2, $L_р$
3. Определение числа списаний и числа ЕО, ТО-1, ТО-2
4. Определение коэффициента технической готовности, $\alpha_т$ 4.1. $Д_{р.ц.} = Д_к + Д_{то,тр} \cdot L_{кр} К_4/1000$ 4.2. $Д_{э.ц.} = L_р/l_{сс}$ 4.3. $\alpha_т = Д_{э.ц} /(Д_{р.ц} + Д_{э.ц})$
5. Определение годового пробега автомобиля: $L_г = Д_{раб.г.} \cdot l_{сс} \cdot \alpha_т$
6. Определение годового числа ЕО, ТО-1, ТО-2
7. Выбор и корректирование нормативных трудоёмкостей: $t_{ЕО}$, $t_{ТО-1}$, $t_{ТО-2}$, $t_{ТР}$
8. Определение годового объёма работ ТО и ТР
9. Определение количества постов: ЕО, ТО, ТР

2 этап. Определяются графоаналитические зависимости значения показателя удельная трудоёмкость ТР как функции от пробега с начала эксплуатации автобусов на основании статистических данных в п.4.1. В случае применения традиционной методики расчёту значения показателя удельная трудоёмкость ТР хорошо аппроксимируются линейной функцией:

$$t_i = k \cdot l_i + b, \tag{4.1}$$

А в случае применения разработанной методики, когда расчёт показателей производится для каждого интервала ТО отдельно, выявлена экспоненциальная зависимость изменения показателя удельная трудоёмкость ТР ($y = 9{,}5709e^{7E-06x}$), уточняющая поведение исследуемой функции. Графоаналитические зависимости изменения значений удельной трудоёмкости ТР для автобуса ЛиАЗ-5256 представлены на рисунке 4.10 и в таблице 4.6.

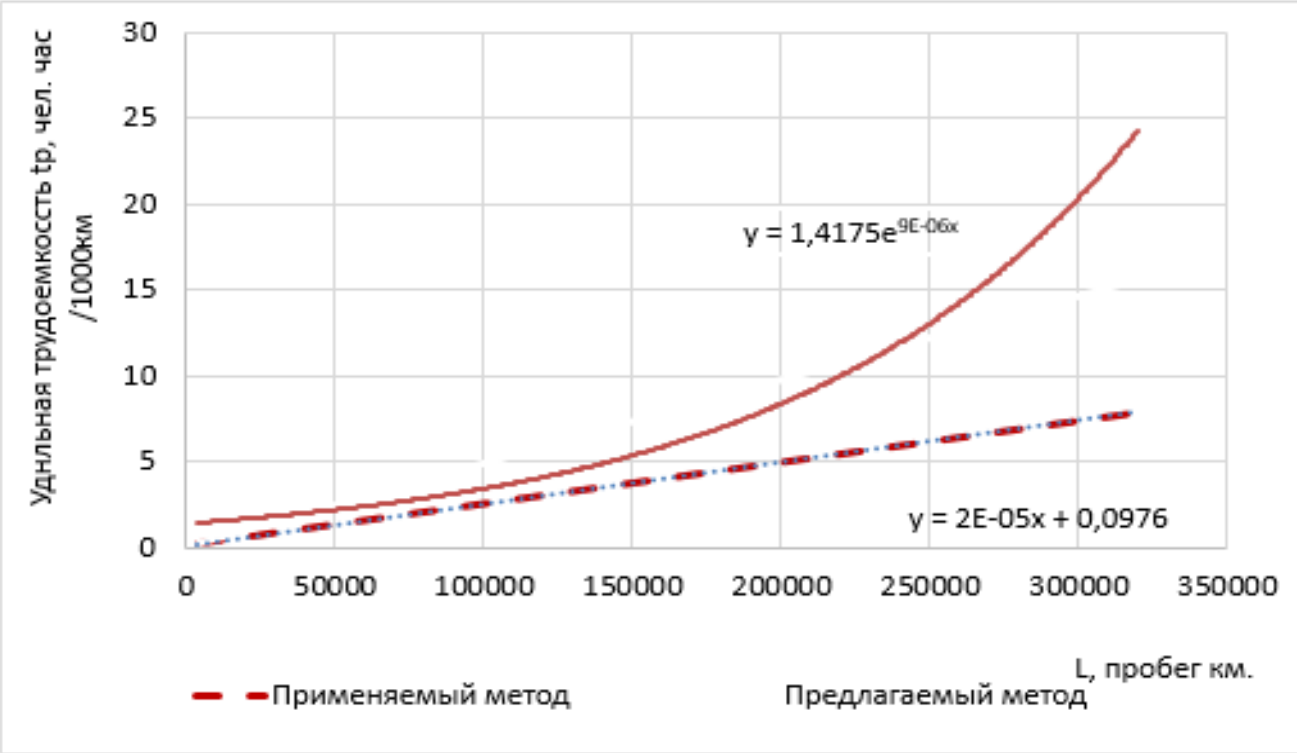


Рисунок 4.10 – Графоаналитические зависимости изменения удельной трудоёмкости ТР для автобуса ЛиАЗ-5256

Таблица 4.6 – Аналитические зависимости изменения значения показателя удельная трудоёмкость ТР для автобуса ЛиАЗ-5256.

Тип автобуса	Применяемый метод	Предлагаемый метод
ЛиАЗ-5256	$f_{тр}(L)$ =2E−05x + 0,0976	$f_{тр}(L)$= 1,4175e^{9E-06x}

Аналогичные расчёты производятся для всех моделей автобусов, эксплуатируемых в исследуемом парке.

3-й этап. Производится определение отклонений значений показателей ТЭА, по трём критериям эффективности (надёжность, эргономичность и затраты на перевозки) на последовательных интервалах ТО в процессе эксплуатации автобусов. В соответствии с исходными данными (таблица 4.1) в исследовании рассматриваются автобусы шести различных моделей. Все модели принадлежат к одному экологическому классу, поэтому матрица эффективностей исследуемых состояний будет определяться, как mxn (6x4). При этом критерии оптимизации будут иметь различное целеполагание:

1. Надежность: $K_1 \rightarrow$ max
2. Эргономичность: $K_2 \rightarrow$ max
3. Общие эксплуатационные затраты на перевозки: $K_3 \rightarrow$ min

Тогда исходная матрица (3.29) примет следующий вид:

$$\|a_{63}\| = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} \\ a_{61} & a_{62} & a_{63} \end{pmatrix}, \tag{4.2}$$

а, решение задачи сводится к решению системы равнений

$$\begin{cases} K_1 = a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + a_{31}x_3 + a_{41}x_4 + a_{51}x_5 + a_{61}x_6 \rightarrow max, \\ K_2 = a_{12}x_1 + a_{22}x_2 + a_{32}x_3 + a_{42}x_4 + a_{52}x_5 + a_{62}x_6 \rightarrow max, \\ K_3 = a_{13}x_1 + a_{23}x_2 + a_{33}x_3 + a_{43}x_4 + a_{53}x_5 + a_{63}x_6 \rightarrow min. \end{cases} \tag{4.3}$$

при ограничениях:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 1,\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0, x_6 \geq 0 \quad (4.4)$$

В качестве критерия надёжности принимается значения КТИ, определенный на основании обработки статистического материала в пункте 4.1. На статистических данных СПб ГУП «Пассажиравтотранс» и технической документации по эксплуатации автобусов [2,3,4,5] определены общие затраты на перевозки по отдельным маркам подвижного состава и значения эргономических показателей (таблицы 4.7 и 4.8). Данные в таблице 4.3 приняты для одного интервала ТО в качестве примера расчёта.

Таблица 4.7 – Показатели по критерию – затраты на эксплуатацию автобусов по отдельным моделям

Статьи затрат	Затраты (тыс. руб.)					
	МАЗ-203085	МАЗ-103486	НефАЗ-52994	НефАЗ-5299-30-32	НефАЗ-5299-20-04	ЛиАЗ-5256
Затраты на топливо, руб.	15044,66	13867,57	13646,86	14566,46	13646,86	16920,64
Затраты на ГСМ, руб.	4638,469	4275,557	4207,511	4491,036	4207,511	5340,83
Затраты на ТР и восстановление шин, руб.	1573,66	1573,66	2039,18	2039,18	2039,18	1755,76
Затраты на ТО и ремонт, руб.	10148	10148	10148	10148	10148	10148
Амортизация и восстановление автобусов, руб.	42996,80	42790,50	13985,79	14553,49	8547,00	9904,69
Затраты на заработную плату кондукторов и водителей	475000	475000	475000	475000	475000	475000
Накладные расходы	21250	21250	21250	21250	21250	21250
Суммарные эксплуатационные затраты	**570651,6**	**568905,3**	**540277,3**	**542048,2**	**534838,6**	**540319,9**

Таблица 4.8 – Исходные данные для определения показателей по критерию эргономичность

№	Эргономический показатель	Значения показателя	Нормированное значение показателя	Целеполагание
1	Число служебных дверей, ед.	2… 4	0,5…1	→ max
2	Ширина служебных дверей, м	0,65…1,2	0,54…1	→ max
3	Число аварийных выходов, ед.	2…6	0,33…1	→ max
4	Доступ к служебным дверям, м	0,85…1,10	0,75…1	→ max
5	Ширина проходов, см.	40…65	0,77…1	→ max
6	Угол наклона прохода в продольном направлении, %	0…8	0,5…1	→ min
7	Ступеньки, см: высота от поверхности земли глубина	 36…43 12…25	 0,84…1 0,48…1	 → min → max
8	Пассажирское кресло, см: ширина глубина	 45…60 35…50	 0,75…1 0,7…1	 → max → max
9	Свободное пространство между креслами, см	65…85	0,76…1	→ max
10	Высота горизонтальных поручней, см	90…110	0,82…1	→ max
11	Освещение: - пассажирский салон - ступеньки - подходы - надписи	 – + – + – + – +	 0,5…1 0,5…1 0,5…1 0,5…1	→ max
12	Наличие устройств для связи с водителем	– +	0,5…1	→ max

Для определения КСЭ по трём критериям эффективности (надёжность, эргономичность и затраты на перевозки) на отдельном интервале ТО необходимо решить систему уравнений. Приведем пример для i-м интервала ТО:

$$Э_i P_i = \begin{cases} K_1 = 0{,}85x_1 + 0{,}83x_2 + 0{,}79x_3 + 0{,}65x_4 + 0{,}63x_5 + 0{,}59x_6 \to \max \\ K_2 = 15{,}25x_1 + 15{,}02x_2 + 13{,}48x_3 + 13{,}24x_4 + 13{,}32x_5 + 12{,}81x_6 \to \max \\ K_3 = 570{,}65x_1 + 568{,}90x_2 + 540{,}27x_3 + 542{,}04x_4 + 534{,}83x_5 + 540{,}31x_6 \to min \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 1, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0, x_6 \geq 0 \end{cases}$$

В соответствии с разработанной методикой определения КСЭ для СПб ГУП «Пассажиравтотранс» для отельного интервала ТО формула (3.28) имеет вид:

$$К_{сэ} = \frac{1}{Э_н = [\bar{t}_{то,тр ij}, \bar{к}_{ij} \bar{s}_{ij}]} \sum_{i=1}^{n} Э_i P_i \qquad (4.5)$$

где $Э_i$ – эффективность системы на *i*-м интервале ТО автобуса ;

P_i – вероятность пребывания автобуса на *i*-м интервале ТО в работоспособном состоянии;

n = 1 - количество работоспособных состояний объекта (интервалов ТО);

$\bar{t}_{то,тр ij}$ – удельная трудоёмкость ТО и ТР на момент *i*-го интервала ТО для *j*-го автобуса;

$\bar{к}_{ij}$ – показатель эффективности по критерию конструктивная безопасность на момент *i*-го интервала ТО для *j*-го автобуса;

$\bar{s}_{ij}$ - показатель эффективности по критерию затраты на эксплуатацию на момент *i*-го интервала ТО для *j*-го автобуса.

Данный расчёт выполняется для каждого интервала ТО исследуемого автобуса, что позволяет уточнять информационные модели его технического состояния последовательно на протяжении всего срока эксплуатации. Как уже отмечалось выполнение расчётов по разработанной методике определения КСЭ является многоступенчатой и трудоёмкой задачей, связанной с большими объемами вычислительных процедур, поэтому исследование выполнялось на разработанном специализированном ПО. [Система многокритериальной оценки коэффициента сохранения эффективности автобусов/Тайсаев К.К. и др.// Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ. Номер свидетельства: №2020611000, Страна: Россия, 2019 г. Дата публикации: 23.01.2020]

Изменение КСЭ автобуса ЛиАЗ – 5256 в процессе его эксплуатации. представлено на рисунке 4.11.

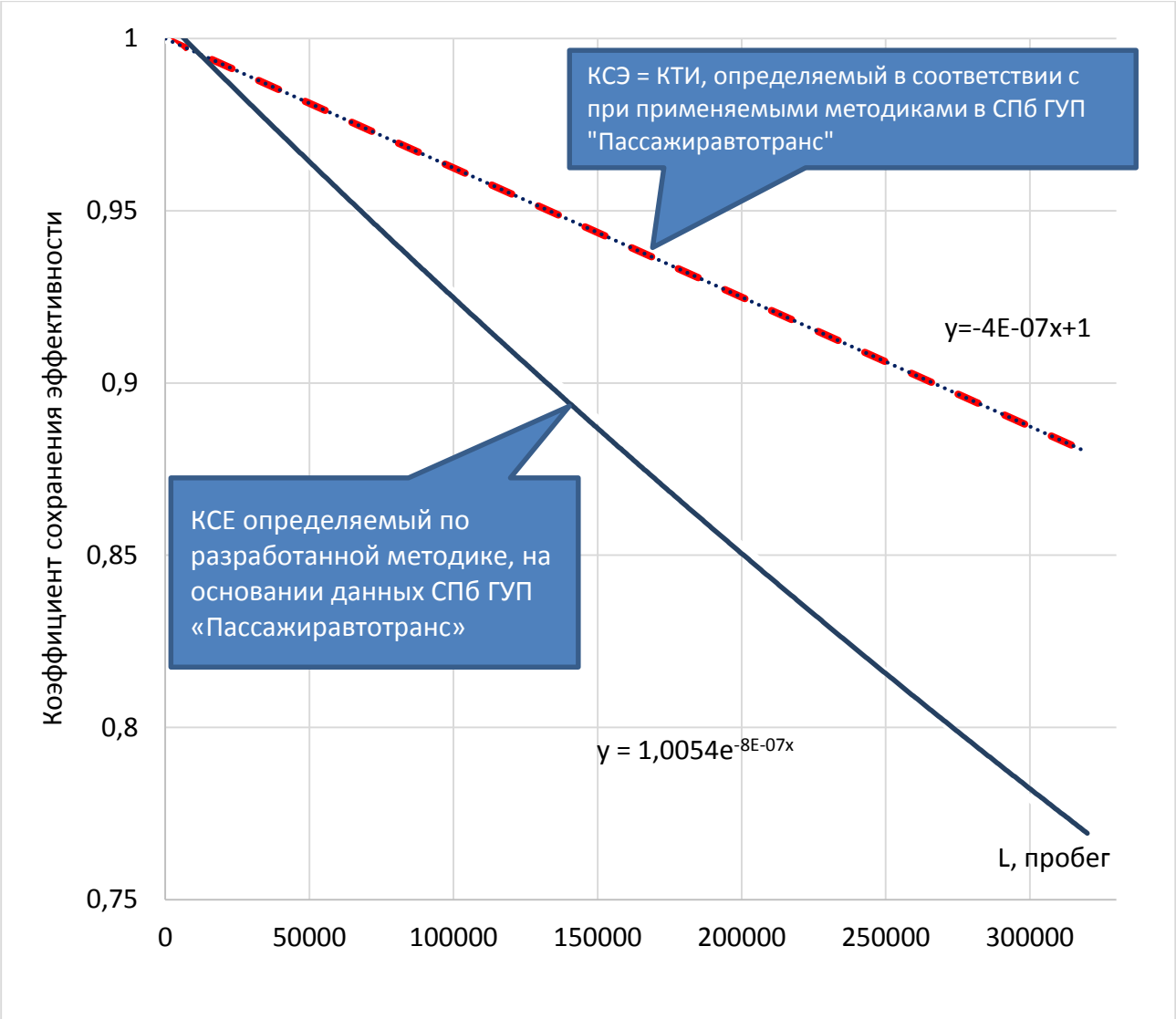


Рисунок 4.11 – Изменение КСЭ в зависимости от пробега для автобуса ЛиАЗ-5256 в зависимости от пробега с начала эксплуатации

Полученные значения КСЭ позволяют оценить мощность влияния внешней среды эксплуатации автобусов на показатели его эффективности. Данная оценка для автобуса ЛиАЗ-5256 в условиях СПб ГУП «Пассажиравтотранс» определяется по формуле.

$$\text{Р}_{\text{в.с.}} = \frac{\int_0^{l_i} \text{КТИ}\, dl}{\int_0^{l_i} \text{КСЭ}\, dl} = \frac{\int_0^{l_i} (-4e0{,}7l+1)dl}{\int_0^{l_i} (1{,}0054e^{-8\text{E}-0{,}7l})dl} \quad (4.5)$$

где l_i – значение пробега автобуса соответствующее i-тому интервалу ТО.

4.3 Определение социально-экономического эффекта от применения разработанной методики

4.3.1 Применение технико-экономического критерия для определения экономической эффективности разработанной методики

Применение технико-экономического критерия (ТЭК) предполагает использование целевой функции, позволяющей определять минимум удельных затрат на содержание автобуса в зависимости от срока эксплуатации [60]:

$$d(t) = \frac{R^{\text{c}} + S}{t_{\text{c}}} \to \min, \tag{4.6}$$

где R^{c} – общие затраты на ТО и ремонт; S - стоимость автобуса; t_{c} – срок эксплуатации автобуса.

Примените ТЭК для определения эффективности автобусов для случая разработанной методики имеет свои особенности – затраты на эксплуатацию автобусов определяются в пределах отдельного ТО [105]:

$$R_{ci} = \frac{\sum_{j=1}^{m} r_{ij}}{\Delta l_i} \cdot 1000, \text{ руб./1000 км}, \tag{4.7}$$

где R_{ci} – затраты для i-го интервала ТО (руб./1000 км;

r_{ij} – затраты, соответствующие j-той статье для i-го интервала ТО, руб,

Δl_i – пробег автобуса на i-ом интервала ТО, км.

Далее определяется показателей - условная остаточная стоимость (УОС) автобуса [105]. УОС метод начисления амортизации по принципу уменьшающегося остатка, определяется зависимостью:

$$S_{\text{ам}}(l) = k_{\text{ам}} \frac{S_{\text{а/м}}}{\Delta l_i}, \text{ руб/1000, км,} \quad (4.8)$$

где $k_{\text{ам}}$ – коэффициент перехода к методу уменьшающегося остатка.

$S_{\text{а/м}}$ - стоимость автобуса, руб.

Тогда, затраты на эксплуатацию автобуса на i-м интервале ТО определяются по формуле [98]:

$$R_{(3)i} = \frac{S_{\text{а/м}} + k \cdot \Delta\ell \cdot (\text{Ц}_{\text{ТО и ТР}}) \cdot i^2}{i \cdot \Delta\ell} \quad (4.9)$$

Применение ТЭК для определения эффективного срока эксплуатации ЛиАЗ-5256 представлено на рисунке 4.12 (Вариант А и Вариант Б)

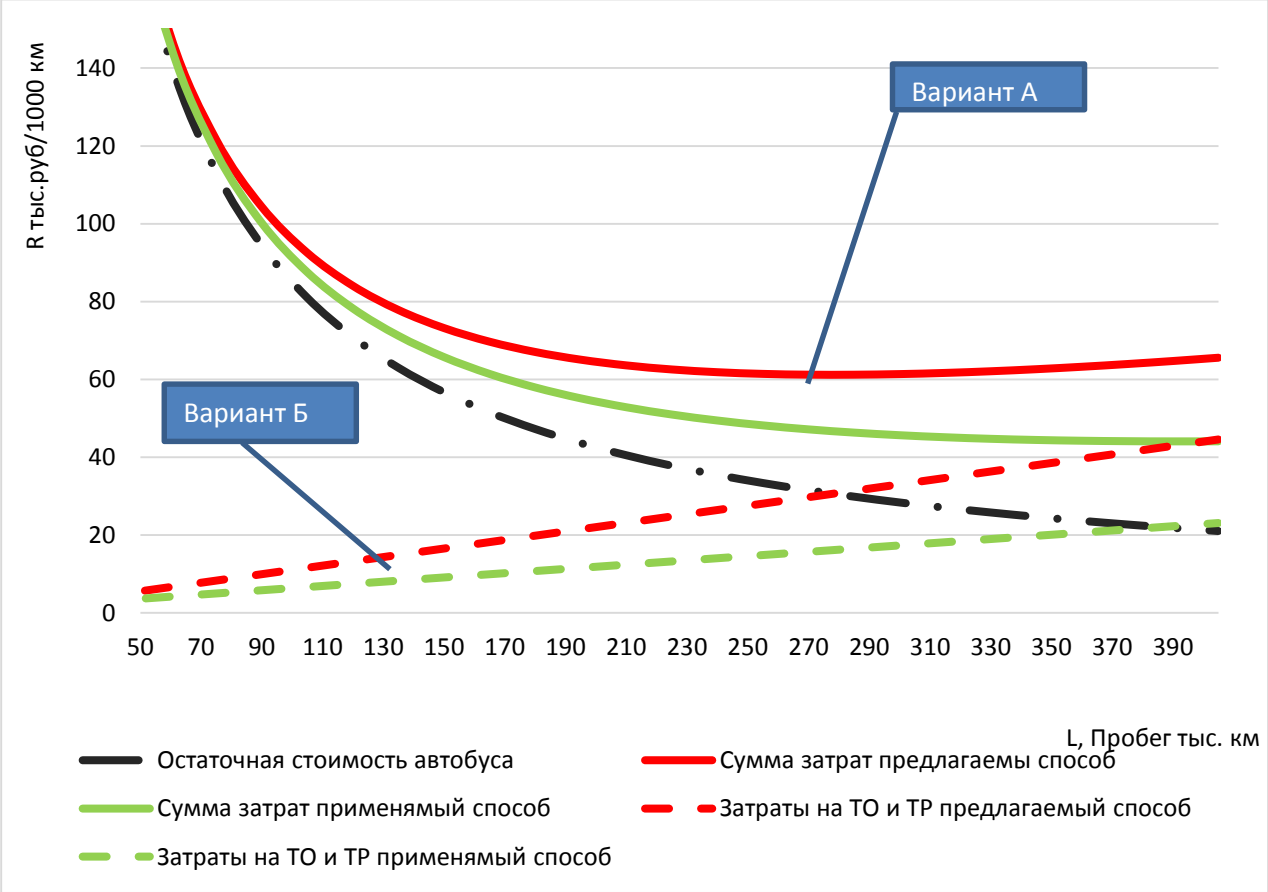


Рисунок 4.12 - Применение ТЭК для ЛиАЗ-52923

Естественно, что срок эффективной эксплуатации автобусов традиционно определятся затратами на эксплуатацию, содержание и обслуживание, обеспечивая нормативные требования надёжности, экологической безопасности и конструктивной безопасности. При этом, такие экономические показатели как доходы и рентабельность не должны быть определяющими при оценке его эффективности. Поэтому определение данных показателей носит не рекомендательный, а справочный характер. Доходы от перевозок по данным АТП приведены на рисунке 4.13 (***Приложение Е***).

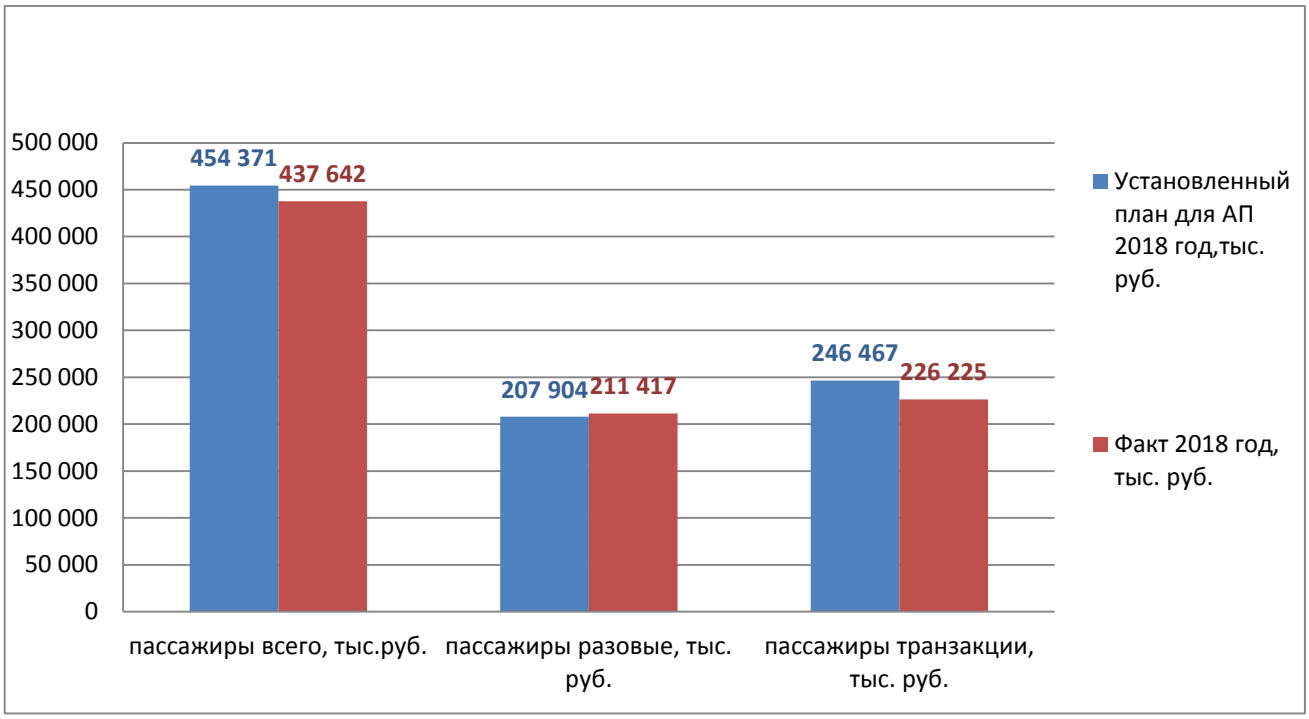


Рисунок 4.13 – Доходы от перевозок по данным СПб ГУП «Пассажиравтотранс»

Определение доходов и рентабельности перевозок определяется с учетом [80,81] по формуле

$$R = \frac{Д_{уд} - С_{уд}}{С_{уд}} \cdot 100, \% \qquad (4.10)$$

Результаты расчёт представлены для автобуса ЛиАЗ-5256 приведены на рисунке 4.14

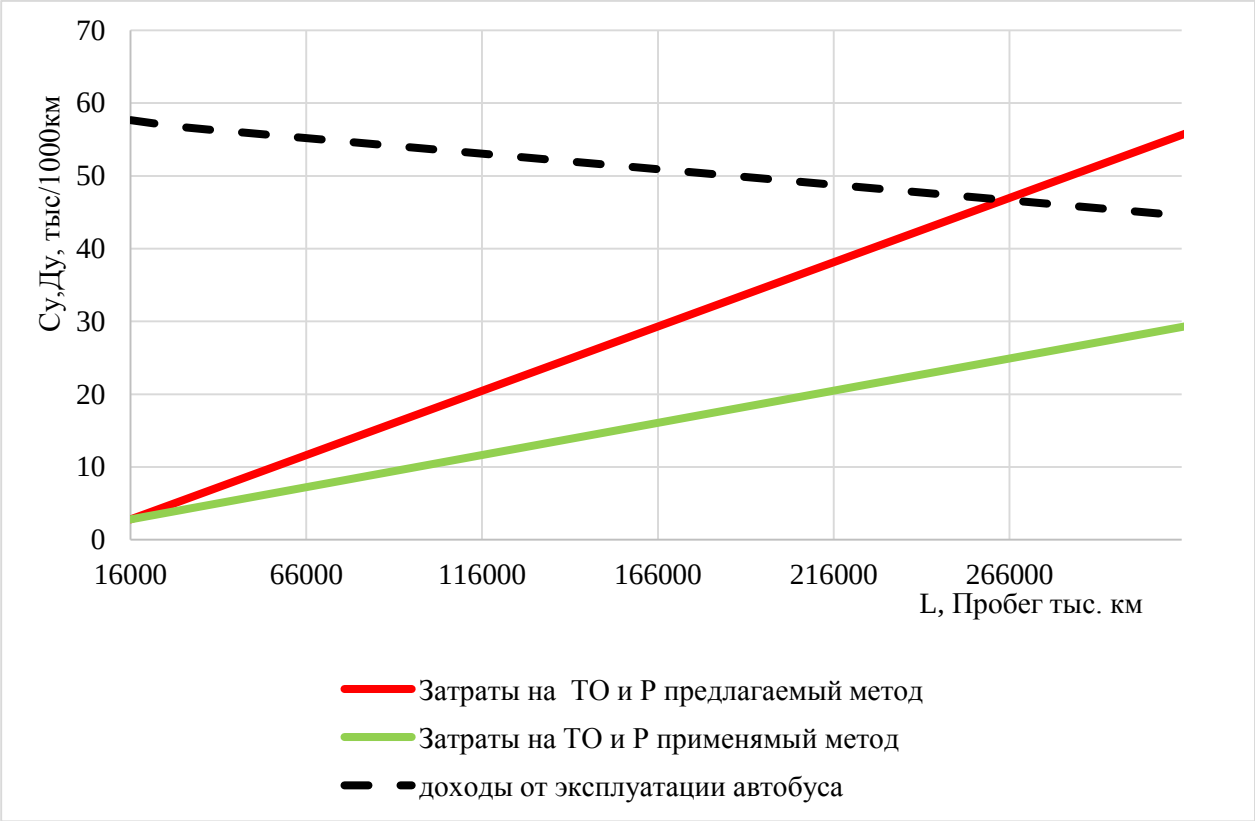


Рисунок 4.14 – Доходы и затраты на эксплуатацию ЛиАЗ-5256 по применяемой и разработанной методике. Определение точки безубыточности эксплуатации автобусов.

Анализ полученных данных и результаты расчётов экономической эффективности эксплуатации автобусов показывают:

1) Если автобусы эксплуатируются в соответствии с применяемыми практиками и традиционными моделями определения сроков эксплуатации, то пробег автобусов превышает 400 тыс. км.
2) Если применять для расчёта разработанную методику многокритериальной КСЭ, то пробеге 256 тыс. км для модели ЛиАЗ-525 достигается минимальное значение рентабельности эксплуатации автобусов, при этом минимум затрат на эксплуатацию автобусов ЛиАЗ-5256 приходится на 270 тыс. км. Применение данной методики позволяет уточнить значение пробега эффективной эксплуатации автобуса.

4.3.2 Определение социальной значимости применения коэффициента сохранения при определении срока эксплуатации автобусов

Необходимость объективного определения КСЭ при расчёте сроков эксплуатации автобусов диктуется не только экономическими, но, в первую очередь, социальными причинами. Как уже отмечалось в первой главе автобусный парк РФ не отвечает в полной мере современным международным требованиям по техническому уровню и безопасности конструкции. Состояние парка автобусов в РФ характеризуется следующими цифрами:

1) 78 % - автобусы, с момента выпуска которых прошло более 5…7 лет;
2) 40 % - автобусы, эксплуатирующиеся более 15 лет;
3) 25 % - автобусы, эксплуатирующиеся более 20 лет;
4) и только 5,7 % - автобусы, срок эксплуатации которых не превышает 3-х лет

Поэтому в основной массе автобусы не отвечают требованиям экологической безопасности и далеко не всегда соответствуют требованиям пассивной, активной, послеаварийной и пожарной безопасности. Как результат

1) высокая вероятность внезапного выхода из строя узлов и агрегатов в процессе дорожного движения;
2) высокая вероятность совершения ДТП (рисунки 4.15 …. 4.19)

Рисунок 4.15 - ДТП на перекрестке пр. Космонавтов и ул. Типанова в г. Санкт-Петербург

Рисунок 4.16 - ДТП в Ленинградской области

Рисунок 4.17 - ДТП в г. Москве

Рисунок 4.18 - ДТП на трассе «Кола»

Рисунок 4.19 - ДТП в Москве

На рисунках 4.15 …4.19 приведены фотоматериалы, иллюстрирующие ДТП с участием автобусов, произошедшие по вине технического состояния автобусов. Их доля составляет до 15% в общей статистике ДТП. Причинами данного положения является, следующее:

- в РФ отсутствуют инструменты целенаправленного (проактивного) управления срокам эксплуатации автобусов;
- при определении срока эксплуатации не учитывается активное изменение интенсивности влияния внешней социотехнической среды (требований конструктивной и экологической безопасности, комфортабельности т.д.).

Разработанная в исследовании методика определения коэффициента сохранения эффективности автобусов позволяет:

- Исключить риски возникновения ДТП, связанные с несоответствием систем, агрегатов и узлов автобусов действующим техническим регламентам (их доля составляет до 15% в общей статистике ДТП), тем самым снизить общие показатели травматизма и гибели людей в ДТП с участием автобусов.
- Сократить удельные годовые затраты на ТО и ремонт автобусов на 17 %, на содержание производственно-технической базы на 7…8%.

- Снизить экологический ущерб, наносимый внешней среде от эксплуатации автобусов, не соответствующих экологическим нормам и требованиям, в условиях мегаполиса на 14…16%.

В таблице 4.9 приведены данные по о возможном социально-экономическом эффекте применения разработок исследования в соответствии с «Методикой оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба вследствие дорожно-транспортного происшествия» Р-03112199-0502-00

Таблица 4.9 – Социально-экономический эффект применения методики определения КСЭ

Разработанные технологии	Эффект от оказанных услуг с использованием разработанных коллективом технологий
Экономический эффект	
Программное обеспечение, предназначенное для количественной оценки эффективности автобусов, позволяющее определить оптимально-безопасный срок эксплуатации автобусов	При ежедневой эксплуатации до 1500 автобусов годовая экономия затрат предприятия составит 258 400 тыс. руб./год
	При ежедневой эксплуатации более 2000 автобусов годовая экономия затрат предприятия составит 321 300 тыс. руб./год
Социально-экономический эффект	
Система управления сроком безопасной эксплуатации автобусов на базе разработанной методики	Сокращение количества ДТП на 5-7% для гг. Москва и Санкт-Петербург, при этом величина ежегодного социально-экономического ущерба снизится на 450 000 тыс. руб.

4.4 Выводы по четвёртой главе

В четвертой главе была апробирована методика определения коэффициента сохранения эффективности для условий работы АП №2 в СПб ГУП «Пассажиравтотранс»:

1. Проведены экспериментальные исследования с применением стандартных методов обработки статистических данных и корреляционно-регрессионного анализа, что позволило получить функциональные зависимости изменения показателей неплановый ТР (чел. час) в зависимости от пробега с начала эксплуатации.
2. Сформирована методика интеграции экспериментальных наблюдений и полученных результатов обработки статистического материала в разработанную методику определения КСЭ.
3. Выполнен расчет ТЭП эффективности работы парка автобусов по применяемой в СПб ГУП «Пассажиравтотранс» методике, основанной на существующих нормативных документах и произведено определение отклонений значений показателей ТЭА, по трём критериям эффективности (надёжность, эргономичность и затраты на перевозки) на последовательных интервалах ТО в процессе эксплуатации автобусов.
4. Получены математические зависимости и значения КСЭ, позволяющие оценить мощность влияния внешней среды эксплуатации автобусов на показатели его эффективности. Данная оценка для автобуса ЛиАЗ-5256 в условиях СПб ГУП «Пассажиравтотранс» определяется по формуле.

$$\mathrm{P}_{\text{в.с.}} = \frac{\int_0^{l_i} (-4e0{,}7l+1)dl}{\int_0^{l_i}(1{,}0054e^{-8\mathrm{E}-0{,}7l})dl}$$

5. Анализ полученных данных и результаты расчётов экономической эффективности эксплуатации автобусов показал, что в настоящее время автобусы эксплуатируются в соответствии с применяемыми практиками и традиционными моделями определения сроков эксплуатации, при этом

пробег автобусов превышает 400 тыс. км. Если же применять методику многокритериальной оценки КСЭ, то при пробеге 256 тыс. км для модели ЛиАЗ-525 достигается минимальное значение рентабельности эксплуатации автобусов, при этом минимум затрат на эксплуатацию автобусов ЛиАЗ-5256 приходится на 270 тыс. км.

6. Определен возможный социально-экономическом эффект от применения разработок исследования в соответствии с «Методикой оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба вследствие дорожно-транспортного происшествия» Р-03112199-0502-00, а именно это сокращение количества ДТП на 5-7% для гг. Москва и Санкт-Петербург и снижение величины ежегодного социально-экономического ущерба на 450 000 тыс. руб.

Таким образом подтверждено, что применение разработанной методики позволяет не только уточнить значение пробега эффективной эксплуатации автобуса вследствие активного влияния внешней социальной среды, но и имеет социально-экономическую значимость в масштабах РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе выполненных научно-методических исследований, реализованных в новых математических моделях, разработана методика определения КСЭ автобусов, обеспечивающий повышение эффективности и безопасности в системе технической эксплуатации автобусного парка РФ. Для достижения поставленной цели в диссертации были решены следующие задачи:

1. Выполнен анализ соответствия состояния системы ТЭ автобусов социотехническим условиям их эксплуатации и установлено, что применяемые сегодня методики управления сроками эксплуатации автобусов базируются на устаревших нормативно-технических документах, поэтому они не могут в полной мере соответствовать как существующему разнообразию возможных форм организации процессов ТО и ТР автобусов, так и увеличению интенсивности влияния социотехнических факторов внешней среды к требуемому качеству эксплуатации автобусов.
2. Разработана модель прогнозирования технического состояния автобусов с учётом динамически изменяющихся социотехнических факторов внешней среды эксплуатации и концепция методики определения КСЭ. Определено, что КСЭ может служить критерием оптимизации при взаимодействии системы ТЭА с системами более высокого уровня, которые определяются совокупностью требований общества к обеспечению качества обслуживания транспортом общего пользования, получена формула для определения КСЭ и разработан алгоритм применения КСЭ в системе ТЭА.
3. Разработана структура критериев и формализованы параметры эффективности в модели определения КСЭ автобусов и определены методы решения многокритериальных задач, применимые к информационным состояниям модели определения КСЭ, удовлетворяющие следующим требованиям: отсутствие формализованной связи между весами или

коэффициентами относительной важности отдельных критериев качества исследуемого процесса.

4. Для реализации большого количества вычислительных процедур по сформированной методике разработана социализированное ПО – «Система многокритериальной оценки коэффициента сохранения эффективности автобусов». В программе используется аналитические методы получения Парето-оптимальных решений в многокритериальных задачах, исключающие возможность субъективной оценки. ПО позволяет получать значение КСЭ максимально соответствующее условиям функционирования АТП, по формализованным значениям установленных критериев эффективности.
5. Выполнена апробация и технико-экономическое обоснование эффективности разработанной методики определения КСЭ автобусов. Полученные значения КСЭ позволяют оценить мощность влияния внешней среды эксплуатации автобусов на показатели его эффективности
6. Определен возможный социально-экономическом эффект от применения разработок исследования для крупных мегаполисов, а именно это сокращение количества ДТП на 5…7% для гг. Москва и Санкт-Петербург и как следствие, снижение величины ежегодного социально-экономического ущерба на 450 000 тыс. руб.

Таким образом разработанная методика является инструментом, учитывающим внешние возмущения, действующих на АТП к которым можно отнести и возмущения, вызываемые изменением социотехнических требований к качеству автобусов, а внедрение результатов исследования обеспечит значительный вклад в повышение качества эксплуатации автомобильного транспорта за счёт системной оптимизации процессов ТО и ТР автобусов, что подтверждает народнохозяйственную значимость полученных результатов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АТС – автотранспортное средство

АТП – автотранспортное предприятие

ГСМ – горючие и смазочные материалы

ДТП – дорожно-транспортное происшествие

ИТС – инженерно-техническая служба

КВ – коэффициент выпуска

КГ – коэффициент готовности

КНГ – коэффициент неготовности

КОВ – коэффициент относительной важности

КОГ – коэффициент оперативной готовности

КР – капитальный ремонт

КСЭ – коэффициент сохранности эффективности

КТГ – коэффициент технической готовности

КТИ – коэффициент технического использования

МАИ – метод анализа иерархий

НТД – нормативно-технические документы

ПТБ – производственно-техническая база

СМК – система менеджмента качества

ТО – техническое обслуживание

ТО и Р – техническое обслуживание и ремонт

ТР – текущий ремонт

ТЭА – техническая эксплуатация автомобилей

ТЭК – технико-экономический критерий

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонькин, Ф.Н. Оптимизация изменения технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации / Ф.Н. Авдонькин. – М.: Транспорт, 1993. -350 с.
2. Автобусы МАЗ-103, МАЗ-107. Руководство по эксплуатации 103003-0000020 РЭ. ОАО "Минский автомобильный завод". – Минск, 2014 г.
3. Автобусы МАЗ-203. Руководство по эксплуатации 203065-0000020 РЭ. ОАО "Минский автомобильный завод". – Минск, 2017 г.
4. Автобус ЛиАЗ-5256 и его модификации. Руководство по эксплуатации/ Демкин В.В., Дремин А.П., Зацепилов А.И. и др. - М.: Атласы автомобилей. – 2001, 512 с.
5. Автобус Нефаз-5299. Руководство по устройству, техническому обслуживанию и ремонт – 2011, 92 с.
6. Айзенберг, Е. Б. Оперативный учёт и анализ себестоимости автомобильных перевозок/Е.Б. Айзенберг, Г.М. Волов. - М.: Транспорт, 1988. – 47с.
7. Аналитическая модель управления жизненным циклом эксплуатации транспортного средства. А.В. Терентьев, С.С. Евтюков, Е.А. Карелина, Е.В. Куракина Е.В., С.А. Жихарева/ Монография. –СПб.: ИД «Петрополис». 2019 г. -306 с.
8. Андреев, К.П. Проведение мероприятий для повышения качества обслуживания пассажиров / К.П. Андреев, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // В сб.: Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2017 Сборник научных статей 6-й Международной молодежной научной конференции. - 2017. - С. 33-35.
9. Аникин Н.В. Анализ методик оценки социально-экономического эффекта пассажирских перевозок автомобильным транспортом / Н.В. Аникин, И.Н. Горячкина, А.Б. Мартынушкин, А.В. Подъяблонский, В.В. Терентьев // Транспортное дело России. - 2019. - № 4. - С. 66-70.

10. Аринин, И.Н. Моделирование процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей / И.Н. Аринин, СИ. Коновалов. - Владимир: Владимирский политехнический институт, 1991. - 86 с.
11. Аринин, И.Н. Оптимизация срока службы городских автобусов мегаполиса / И.Н. Аринин, В.Н. Прохоров // Известия вузов. Машиностроение: журнал. - 2007. -№ 4. -С.40-46.
12. Афанасьев, А.С. Применение коэффициента технического использования для оптимизации структуры автобусного парка/ А.С. Афанасьев, И.В. Тарасов, В.А. Терентьева //Экономика и менеджмент систем управления. – 2017. – Т. 26. – №. 4.2. – С. 289-294.
13. Бирюкова, Е.Р. Экономика автотранспортного предприятия/ Е.Р. Бирюкова, Л.М. Иванова. - М.: Транспорт, 1988. – 116 с.
14. Болдин, А.П. Основы научных исследований и УНИРС: учеб. пособие/ А.П. Болдин, В.А. Максимов. - М.: МАФИ., 1990. - 76 с.
15. Бондаренко, В.А. Концепция и технологические основы ремонта транспортных средств в условиях постиндустриальной экономики: автореф. дис. … д-ра экон. наук: 05.20.03 / Бондаренко Виктор Анатольевич. – Оренбург, 1996. -84 с.
16. Боровиков, В.А. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере / В.А. Боровиков. 2-е изд. - СПб.: Питер, 2003. - 688 с.
17. Бронштейн, Л.А. Экономика автомобильного транспорта: учеб. пособие/ Л.А. Бронштейн, А.С. Шульман. –М.: Транспорт, 1976. - 350 с.
18. Бышов, Н.В. Экономическая эффективность, оценка качества и совершенствование управления пассажирскими перевозками в регионе. Экономические основы функционирования предприятий автомобильного транспорта: Учебное пособие / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, А.Б. Мартынушкин, А.В. Шемякин, К.П. Андреев, В.В. Терентьев. - Рязань: РГАТУ, 2019. - 326 с.
19. Бышов, Н.В. Экономическая эффективность деятельности автодорожного комплекса Рязанской области / Н.В. Бышов, Е.В. Лунин, Е.А. Межорин, А.Б. Мартынушкин, Н.А. Конычева, И.В. Федоскина // Экономика и оценка

эффективности и качества пассажирских перевозок в автотранспортном предприятии. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Департамент научно-технологической политики и образования. – Рязань, 2014. – 371 с.

20. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учеб. для вузов / Е.С. Вентцель — 6-е изд. стер. - М.: Высш. шк., 1999. - 576 с.
21. Вуколов Э.А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL: учеб. пособие / Э.А. Вуколов. 2-е изд., испр. и доп. / - М.: ФОРУМ, 2008. 464 с.
22. Глинский, В.В. Статистический анализ: учеб. пособие/ В.В. Глинский, В.Г. Ионин. - М.: ИНФРА-М, 2002.
23. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. - М.: Высш. шк., 2001. - 479 с.
24. Годин, А.М. Статистика: учебник/ А.М. Годин. - М.: издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2002. – 368 с.
25. ГОСТ Р 52033-2003. Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния.
26. ГОСТ Р 52160-2003. Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния.
27. ГОСТ Р 54942-2012. Газобаллонные автомобили с искровыми двигателями. Выбросы вредных (загрязняющих) веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния.
28. ГОСТ 33552-2015 «Автобусы для перевозки детей. Технические требования и методы испытаний»/ Электронный фонд правовой и нормативной-технической документации// Электронный ресурс. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200136408. Дата обращения 05.11.2019 г.

29. ГОСТ Р 50844-95. «Автобусы для перевозки инвалидов. Общие технические требования». Электронный фонд правовой и нормативной-технической документации// Электронный ресурс. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200124394/ Дата обращения 22.12.2018 г.
30. ГОСТ Р 41.36-2004. «Единообразные предписания, касающиеся сертификации пассажирских транспортных средств большой вместимости в отношении общей конструкции»/ Электронный фонд правовой и нормативной-технической документации// Электронный ресурс. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200124394/ Дата обращения 05.12.2019 г.
31. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования/Электронный фонд правовой и нормативной-технической документации// Электронный ресурс. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200124394/ Дата обращения 05.11.2019 г.
32. ГОСТ 27.002 - 2015. Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2016.
33. ГОСТ 27.002-89. Межгосударственный стандарт. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 г.
34. Графкина, М.В. Экология и экологическая безопасность автомобиля: учебник / М.В. Графкина, В.А. Михайлов, К.С. Иванов. -М.: ФОРУМ, 2009, -320 с.
35. Гудков, В.А. Безопасность транспортных средств: Учебное пособие/ В.А Гудков и др. //- М.: Транспорт. – 2010.
36. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных / Н. Джонсон, Ф. Лион. пер. с англ. под ред. Э.К. Лецкого. – М.: Издательство «Мир», 1980. - 610 с.
37. Джонсон, Н. Статистика и планирование в технике и науке: Метод планирования эксперимента / Н. Джонсон, Ф. Лион. Пер. с англ. - М.: Мир, 1981. -520 с.
38. Ефимова, М.Р. Общая теория статистики: учеб. пособие/ М.Р. Ефимова, В.М. Рябцев. – М.: Финансы и статистика, 1991. – 304с.

39. Завадский, Ю.В. Статистическая обработка эксперимента в задачах автомобильного транспорта: учеб. пособие / Завадский, Ю.В. - М.: МАДИ, 1982. – 135с
40. Иголокин, А.Н. Определение ресурса городских автобусов: автореф. дис. … к-та техн. наук: 05.22.10. / Иголкин Андрей Николаевич. - Владимир: Изд-во ВГУ, 2010. – 165 с.
41. Киселев В.А. Оптимизация транспортной инфраструктуры городов/ В.А. Киселев, А.В. Шемякин, С.Д. Полищук, В.В. Терентьев, К.П. Андреев, Д.Г. Чурилов // Транспортное дело России. - 2018. - № 5. - С. 138-140.
42. Конычева, Н.А. Методика оценки уровня качества автотранспортного обслуживания / Н.А. Конычева, А.Б. Мартынушкин, К.П. Андреев, В.В. Терентьев // Бюллетень транспортной информации. - 2019. - № 6 (288). - С. 22-26.
43. Конычева, Н.А. Управление эффективностью и качеством пассажирских автоперевозок в регионе: дисс ... канд экон. наук / Н.А. Конычева. – Тамбов, 2005. – 171 с.
44. Кузнецов, Е.С. Методический подход к определению нормативных значений трудоемкости технического обслуживания и ремонта автотранспортной техники в условиях ограниченной информации / Е.С. Кузнецов, В.А. Максимов, И.В. Конин - М., ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1989. – 29с.
45. Кузнецов, Е.С. Направление НТП и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей: учеб. пособие / Е.С. Кузнецов. – М.: Изд-во МАДИ, 1987. – 90с.
46. Кузнецов, Е.С. Оценка качества и надежности автомобилей в Швеции по результатам инспекторских осмотров и опыта в эксплуатации / Е.С. Кузнецов // Автомобильный транспорт: Передовой производственный опыт и научно-технические достижения, рекомендуемые для применения на автомобильном транспорте. Информ. Сборник. - М.: Информавтотранс 1999. – Вып.1. – 36 с.

47. Кузнецов, Е. Оценка эксплуатационной надёжности / Е. Кузнецов, П. Гринберг, Г. Кривошенин и др. // Автомобильный транспорт: журнал. 1980. №12, -С. 49-51.
48. Кузнецов, Е.С. Производственная база автомобильного транспорта: состояние перспективы / Е.С. Кузнецов, И.П. Курников. – М.: Транспорт, 1990. – 231с.
49. Кузнецов, Е.С. Состояние и тенденции развития технической эксплуатации и сервиса автомобилей в России / Е.С Кузнецов. - М.: Информавтотранс, 2000. - 46 с.
50. Кузнецов, Е.С Техническая эксплуатация автомобилей в США/ Е.С. Кузнецов. -М.: Транспорт, 1992. - 352 с.
51. Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами: учебн. пособ. / Е.С. Кузнецов. - М.: МАДИ, 2003. - 247 с.
52. Кузнецов Е.С. Управление технической эксплуатацией автомобилей / Е.С. Кузнецов. – М.: Транспорт, 1982. - 224 с.
53. Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами: учебн. пособ. / Е.С. Кузнецов. - М.: МАДИ, 2003. - 247 с.
54. Макарова, Н.В. Статистика в Excel: учебное пособие/ Н.В. Макарова, В.Я. Трофимец. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 192 с.
55. Максимов, В.А. Расчет и прогнозирование возрастной структуры автомобильного парка / В.А. Максимов. – М.: МАДИ, 1995. – 24 с.
56. Мартынушкин, А.Б. Методика расчета интегрального показателя качества обслуживания населения автомобильным пассажирским транспортом / А.Б. Мартынушкин // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ - 2019) сборник статей XI Международной научно-технической конференции. - Курск - 2019. - С. 199-203.
57. Мороз, С.М. Методы обеспечения работоспособного технического состояния автотранспортных средств: учебник / С.М. Мороз. – М.: МАДИ, 2015. – 204 с.
58. Мороз, С.М. Методологические основы диагностирования автотранспортных средств по критериям безопасности: автореферат дисс. … д-ра. техн. наук: 05.22.10. / Мороз Сергей Маркович. – М: 2004. – 41с.

59. Мушик, Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. -208 с.
60. Определение стоимости, затрат на восстановление и утраты товарной стоимости автомототранспортных средств. Методическое руководство для экспертов.. - М.: Министерство юстиции РФ, 1998.
61. ОСТ Р 53480-2009. Национальный стандарт РФ. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2010 г.
62. Пегат, А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат: пер. с англ. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. -798 с.
63. 39=Подиновский, В.В. и др. О некорректности метода анализа иерархий //Проблемы управления. – 2011. – №. 1
64. Подиновский, В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. - М.: Наука, 1982. - С.9-64.
65. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта. Министерство автомобильного транспорта РСФСР – М.: Транспорт, 1986. – 72 с..
66. Правила проведения технического осмотра транспортных средств. Утверждены Постановлением Правительства РФ от 5 декабря 2011 г. № 1008 «О проведении технического осмотра транспортных средств».
67. Проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания. Техническое перевооружение и реконструкция производственных баз. Технология обслуживания и текущего ремонта автотранспортных средств: метод. указ. /сост.: С.В. Подколзин, Е.А. Резниченко, В.И. Сидоркин. – Л.: СЗПИ, 1990. - 52 с.
68. Проект «О внесении изменений в Федеральный закон о «О безопасности дорожного движения» (в части установления предельных сроков эксплуатации транспортных средств)» 01.01.2016 г.
69. Прохоров, В.Н. Научные основы управления эффективностью эксплуатации городских автобусов: автореф. дис. … д-ра. техн. наук: 05.22.10. / Прохоров Виктор Николаевич. - Владимир: 2008. – 40 с.

70. Прудовский, Б.Д. Количественные методы управления автомобильным транспортом/ Б.Д. Прудовский. – М.: Транспорт, 1976. – 88 с.
71. Прудовский, Б.Д. Методы решения многокритериальных автотранспортных задач /Б.Д. Прудовский // Вестник гражданских инженеров. – СПб: СПбГАСУ, 2015. –2(49), -С.154-159
72. Прудовский, Б.Д. Методы определения множества Парето в некоторых задачах линейного программирования/ Б.Д. Прудовский, А.В. Терентьев // Записки Горного института. Том 211. – СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. С. 86-90.
73. Прудовский, Б.Д. Управление технической эксплуатацией автомобилей по нормативным показателям / Б.Д. Прудовский, В.Б. Ухарский. –М.: Транспорт, 1990 г. – 239 с.
74. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2018 г. №1-р «Об утверждении Стратегии безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018-2024 г.
75. Резник, Л.Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации / Л.Г. Резник, Г.М. Ромалис, С.Г. Чарков. – М.: Транспорт, 1989. – 128 с.
76. Российский парк автобусов: основные показатели. «Автостат» / Электронный ресурс. Режим доступа https://www.autostat.ru/infographics/31815/. Дата обращения 24 октября 2018 г.
77. Саати, Томас Л. Многокритериальная оптимизация: теория, вычисления, приложения / Т. Саати, Р. Штойер. - М.: Наука, 1982, – С.14-29, С. 146-258.
78. Саати, Томас Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети / Томас Л. Саати. Пер. с англ., науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 360 с.
79. Савельев, Б.В. Автотранспортные средства. Стандарты эргономики /Б.В. Савельев. –М.: Транспотрт, – 2009.

80. СПб ГУП "Пассажиравтотранс". (2018). Анализ перевозки пассажиров Колпинского автобусного парка - филиала СПб ГУП "Пассажиравтотранс" за 2017 год. Санкт-Петербург.
81. СПб ГУП "Пассажиравтотранс". (2019). Отчет по работе СПб ГУП "Пассажиравтотранс" за 2019 год. Санкт-Петербург.
82. Стратегия развития транспортной системы Санкт-Петербурга и Ленинградской области на период до 2030 года. Том 1. Пояснительная записка. Санкт-Петербург: ООО «Транспортная интеграция» 2016 г.
83. Султанов, Н.З. Выбор рациональной структуры подвижного состава автотранспортного предприятия [Электронный документ]/ Н.З. Султанов, И. И. Любимов //Сетевой электр. научн. журн. КубГАУ.–Краснодар: КубГАУ. – 2007. – №. 26. – С. 2-7.
84. Тайсаев, К.К. Актуальность определения коэффициента сохранности эффективности автомобиля в современных условиях эксплуатации /К.К. Тайсаев// Грузовик, 2020. №1. С. 33-35
85. Тайсаев, К.К. Определение коэффициента сохранности эффективности автомобиля/К.К. Тайсаев// Грузовик, 2019. №12. С. 33-35
86. Тайсаев, К.К. Алгоритм и программное обеспечение определения коэффициента сохранения эффективности автобусов/К.К. Тайсаев, А.В. Терентьев// Мир транспорта и технологических машин. 2020. № 3(70). С.3-8.
87. Тайсаев, К.К. Аналитическая модель определения коэффициента сохранения эффективности автобусов/К.К. Тайсаев, А.В. Терентьев// Вестник гражданских инженеров. – СПб: СПбГАСУ, 2020. № 4 (81). С. 197-202
88. Таха. Введение в исследование операций / Таха, Хемди А. – М.: ИД «Вильямс», 2005. – 912 с.
89. Терентьев, А.В. Аналитические методы снятия неопределённости – основа цифровизации автотранспортного производства. А.В. Терентьев, С.С. Евтюков, Е.А. Карелина, Е.В. Куракина/ - СПб: Издательский дом «Петрополис», 2018 г. - 210 с

90. Терентьев, А.В. Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств /М.Ю. Карелина, И.В. Арифуллин, А.В. Терентьев//Вестник МАДИ. - 2018. № 1 (52) С.3-9
91. Терентьев, А.В. Аналитическая модель управления жизненным циклом эксплуатации транспортного средства/ А.В. Терентьев, С.С. Евтюков, Е.А. Карелина, Е.В. Куракина, С.А. Жихарева. - СПб: Издательский дом «Петрополис», 2019 г. - 304 с. Тираж 500 экз.
92. Терентьев, А.В. Векторная оптимизация / А.В. Терентьев, Б.Д. Прудовский //Материалы 2-ой международной научно-практической конференции. Инновационные системы планирования и управления на транспорте и в машиностроении. –СПб.: НМСУ «Горный», 2014, – С. 64-66.
93. Терентьев, А.В. Комплексная модель эффективности эксплуатации транспортного средства /А.В. Терентьев, С.С. Евтюков, Е.А. Карелина, Е.В. Куракина. - СПб: Издательский дом «Петрополис», 2019 г. - 236 с.
94. Терентьев, А.В. Метод оперативного анализа технического состояния автомобиля / А.В. Терентьев, Б.Д. Прудовский // Записки Горного института. Том 209. – СПб.: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2014. – С. 197-199.
95. Терентьев, А.В. Методы принятия решений в условиях неопределённого состояния «внешней среды» / А.В. Терентьев, Б.Д. Прудовский // Транспортное планирование и моделирование: сб. трудов Международной научно-практической конференции (26-27 мая 2016) СПбГАСУ. – СПб., 2016. С. 145-149.
96. Терентьев, А.В. Методы решения автотранспортных задач [Электронный ресурс] / А.В. Терентьев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; - Режим доступа: http://www.science-education.ru/125-19863
97. Терентьев, А.В. Обоснование рационального срока службы автомобилей/ А.В. Терентьев, А.С. Афанасьев, Ю.Н. Кацуба. - СПб: Своё издательство, 2017. - 148 с.

98. Терентьев, А.В. Пробег эффективной эксплуатации автомобиля – базовый элемент его индивидуального жизненного цикла: монография /А.В. Терентьев. - СПб.: СЗТУ, 2011. – 116 с.
99. Терентьев, А.В. Развитие метода районирования / А.В. Терентьев // Материалы 4-ой международной научно-практической конференции. Инновации на транспорте и в машиностроении. – СПб.: НМСУ «Горный», 2016. – С. 127-130.
100. Терентьев, А.С. Метод экономической оценки качества обслуживания населения пассажирским транспортом/ А.С. Терентьев, Г.К. Рембалович, А.В. Шемякин, А.Б. Мартынушкин, Е.А. Матюнина, К.С. Алексахина// TRANSPORT BUSINESS IN RUSSIA. №5, 2019. – С 111-113.
101. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств». Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г.
102. Транспорт в России 2018. Под ред. М.А. Сабельникова, Л.Б. Кузьмичева/ Статистический сборник (официальное издание). Т 65– М.: Росстат. 2018. – 101 с.
103. Транспорт в России. 2019. Статистический сборник (официальное издание)/ - М.: Росстат., 2019 г.
104. Фокина, О.М. Практикум по экономике организации (предприятия): учеб. пособие / О.М. Фокина, А.В. Соломка. – Финансы и статистика, 2008. –272 с.
105. Чеканов, О.С. Экономическая оценка выполнения перевозок пассажиров / О.С. Чеканов, А.Б. Мартынушкин // Сб.: Актуальные вопросы применения инженерной науки: Материалы международной студенческой научно-практической конференции. - Рязань: РГАТУ, 2019. - С. 306-312.
106. Черноруцкий, И.Г. Методы принятия решений / И.Г. Черноруцкий. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
107. Экономическое обоснование эффективности и качества пассажирских перевозок автомобильным транспортом: Монография / К.П. Андреев, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.Н. Горячкина, Н.А. Конычева, А.Б. Мартынушкин,

Т.В. Мелькумова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин, И.В. Федоскина. - Курск: ЗАО «Университетская книга», 2019. - 129 с

108. Электронный фонд правовой и нормативной-технической документации/ Электронный ресурс. Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/1200009796. Дата обращения 02.12.2019 г.
109. Kazbek Taysayev et al. Efficiency ratio assessment model for buses/ XIV International Conference 2020 SPbGASU “Organization and safety of traffic in large cities” / Transportation Research Procedia 50 (2020) 674–680.
110. Taysaev K.K., Petrova L.G. Mathematical models analysis of combined processing methods of parts/ Materials Science Forum. 2020. T. 992 MSF. C. 901-906.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Показатели, характеризующие парк эксплуатационных автобусов в РФ
(на конец 2018 года; в процентах к итогу)

	2005	2010	2015	2016	2017
Эксплуатационные автобусы, находящиеся на балансе организаций – всего	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**
в том числе находящиеся в эксплуатации, лет:					
до 5	31	42	36	38	37
5,1 – 10	24	29	41	38	38
свыше 10	45	29	23	24	25
в том числе имеющие возможность использовать в качестве моторного топлива:					
только бензин	…	60	47	11	10
только дизтопливо	…	36	46	77	76
природный газ в качестве моторного топлива	…	…	6	10	12
прочие виды топлива	…	4	1	2	2

Перевозки пассажиров и пассажирооборот автобусов общего пользования по видам сообщения

	2005	2010	2015	2016	2017
Перевезено пассажиров автобусами – всего, млн. человек	**11297,1**	**7600,7**	**6059,8**	**6330,5**	**6585,5**
в том числе по видам сообщения:					
городское	9276,0	5919,9	5019,4	5157,7	5425,2
пригородное	1855,2	1494,9	937,7	1057,4	1047,0
междугородное	164,2	184,4	101,1	114,0	111,7
международное	1,7	1,5	1,6	1,4	1,6
Пассажирооборот автобусов – всего, млрд. пассажиро-км	**96284,2**	**86108,6**	**62717,7**	**68000,3**	**69120,9**
в том числе по видам сообщения:					
городское	48856,6	39069,5	32344,8	34705,5	35937,8
пригородное	30332,8	26134,8	18090,9	19663,1	19621,3
междугородное	16721,1	20542,0	11928,7	13261,2	13122,8
международное	373,7	362,3	353,3	370,5	439,0

Приложение Б

Затраты, связанные с перевозочным процессом в пассажирском АТП

Статья затрат	Порядок расчёта
Заработная плата водителей с начислениями	$C_{зп} = K_{вз} \cdot$[оплата в час отработанное время], где $K_{вз}$ – коэффициент, учитывающий взносы в фонды и страхование от несчастных случаев.
Затраты на топливо	$C_{топл} = K_{вг} \cdot (H_{л1} \cdot L_{год})/100)$ Ц, где $K_{вг}$ – коэффициент, учитывающий расходы топлива на внутригаражные нужды, $H_{л1}$ – линейная норма расхода топлива на 100 км пробега, л; Ц – цена на топливо, руб.
Затраты на смазочные и другие эксплуатационные материалы	Принимаются в размере 20% от $C_{топл}$;
Затраты на приобретение и ремонт шин	$C_{шт}=H_{шт}/1000 \cdot n \cdot L_{год}$, где $H_{шт}$ – норма затрат на шины, руб./1000км; n – количество шин на колесах а/м, ед.
Затраты на техническое обслуживание и ремонт подвижного состава	$C_{то\ и\ р}=(H_{то} \cdot L_{год})/1000$, где $H_{то}$ – норма затрат на ТО и Р, руб.
Затраты на амортизационные отчисления	$C_{ам}=[(C_б \cdot H_в)/(1000 \cdot 100)] \cdot L_{год}$, где $C_б$ – балансовая стоимость подвижного состава, руб.; $H_в$ – норма амортизационных отчислений на полное восстановление, %.
Накладные расходы	Приняты в размере 50% от статьи по заработной плате

Приложение В

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2020611000

Система многокритериальной оценки коэффициента сохранения эффективности автобусов

Правообладатель: ***Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (RU)***

Авторы: ***Тайсаев Казбек Куцукович (RU), Евтюков Сергей Аркадьевич (RU), Терентьев Алексей Вячеславович (RU), Евтюков Станислав Сергеевич (RU), Беляев Александр Иванович (RU)***

Заявка № **2019667849**

Дата поступления **31 декабря 2019 г.**

Дата государственной регистрации

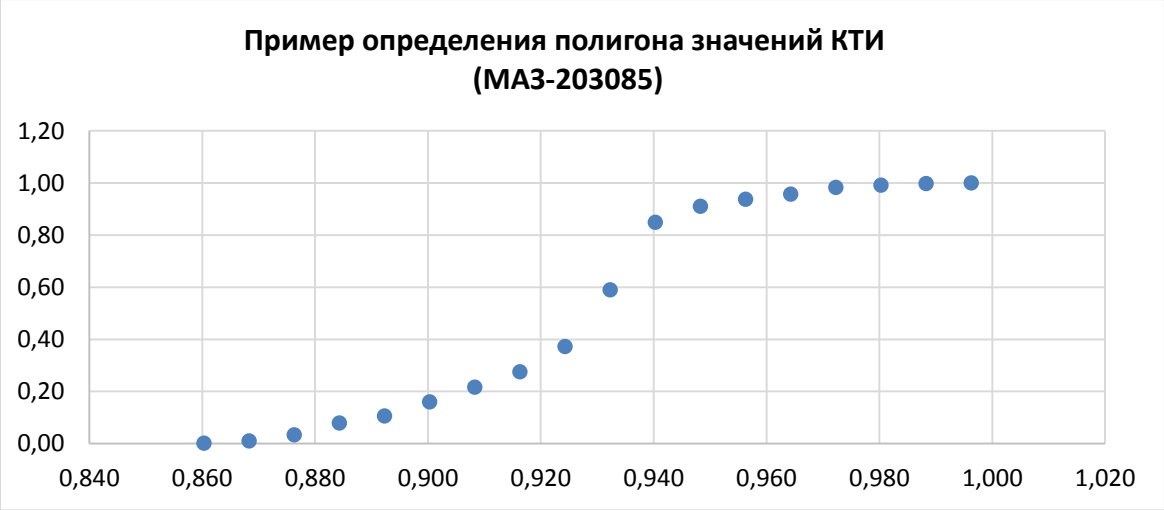
в Реестре программ для ЭВМ ***23 января 2020 г.***

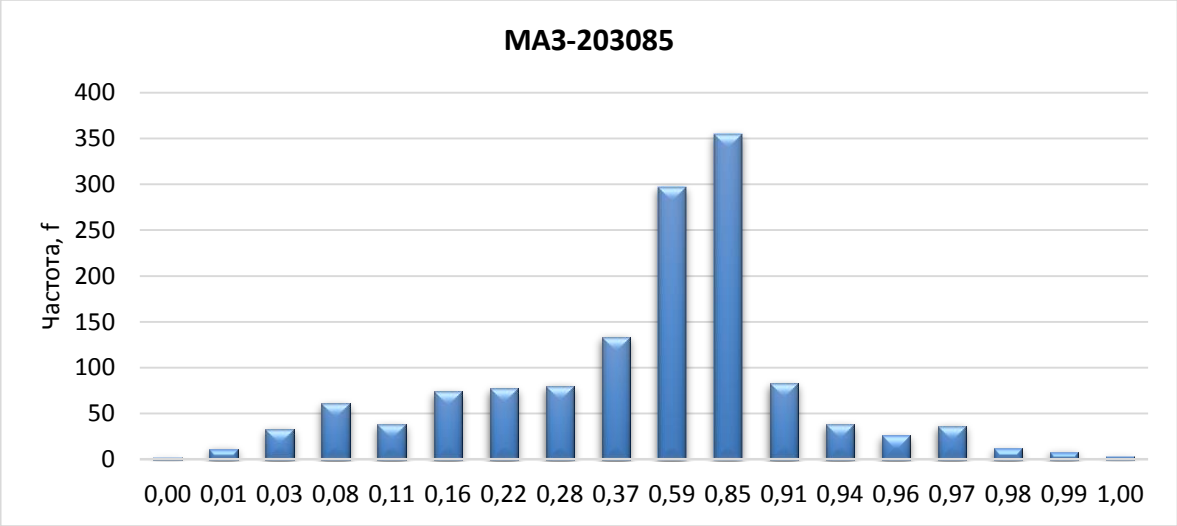
Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

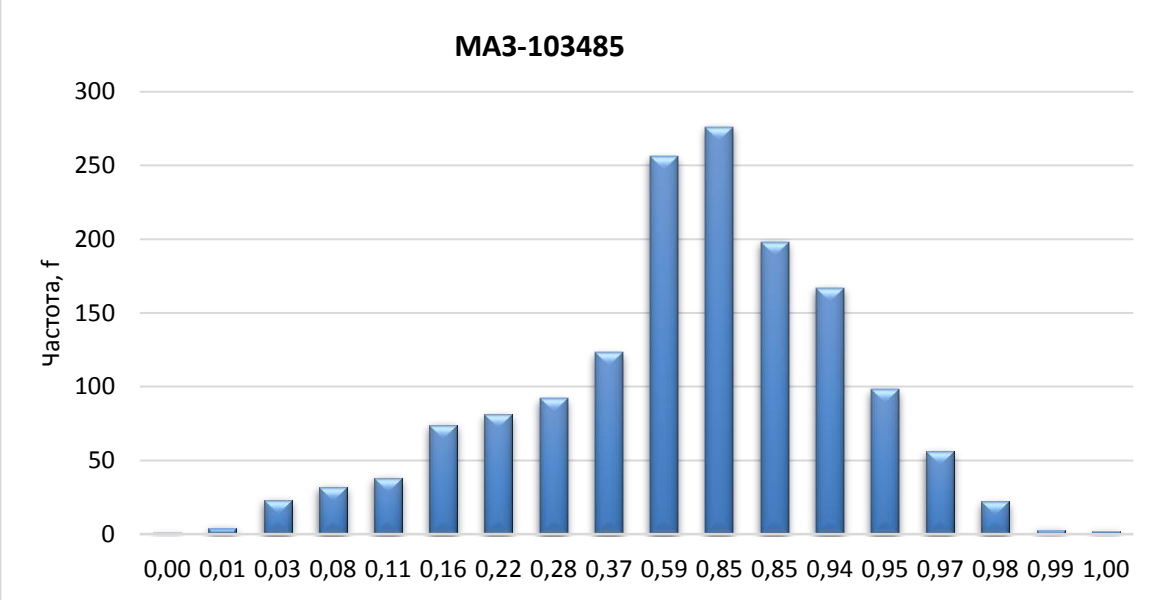
Г.П. Ивлиев

Приложение Г

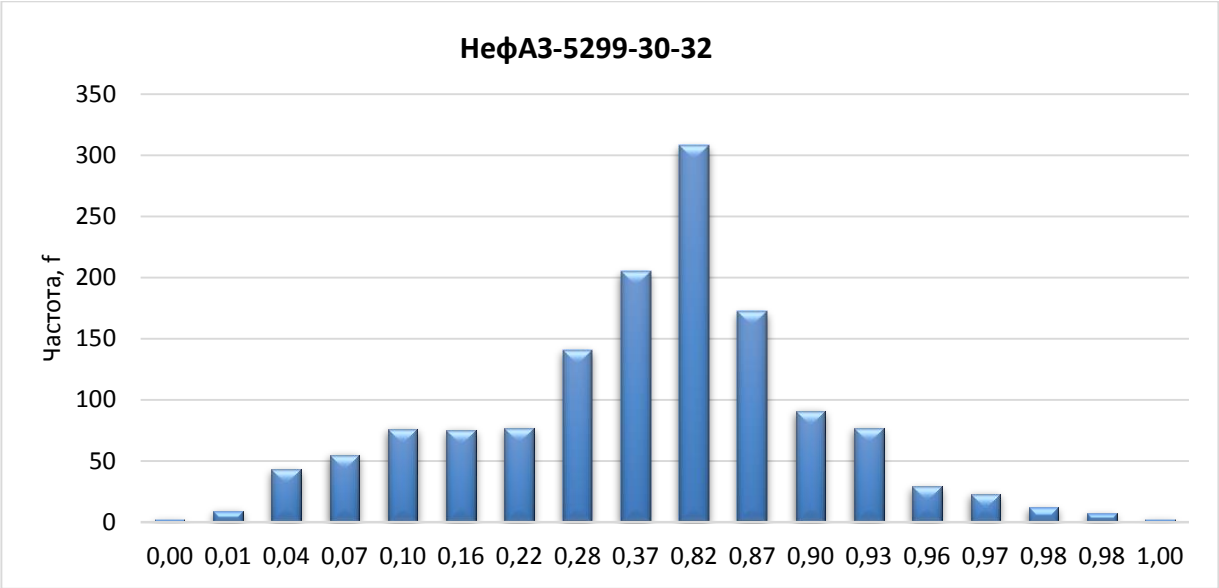
Статистические данные по маркам автобусов

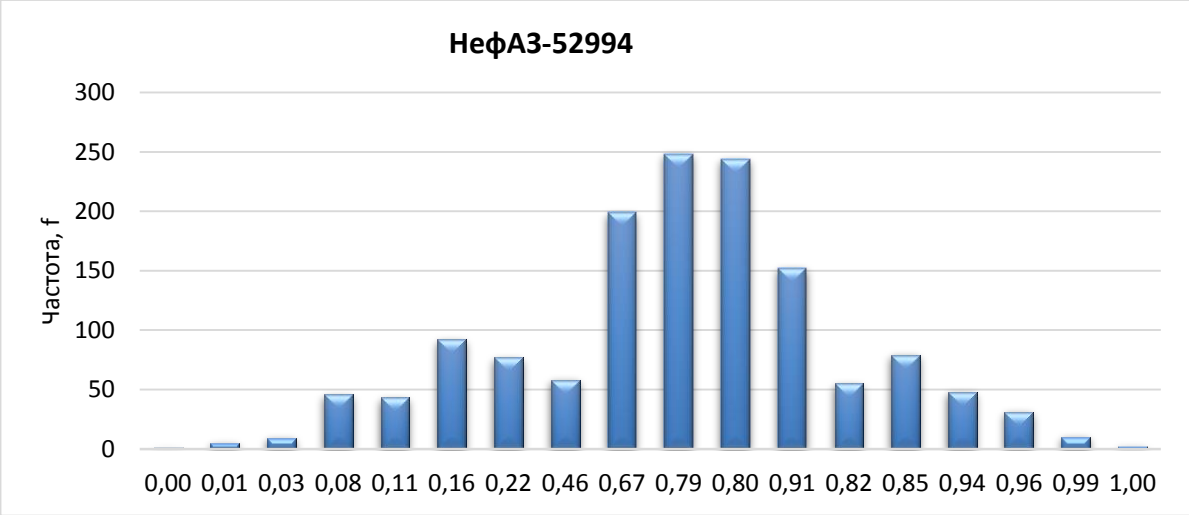


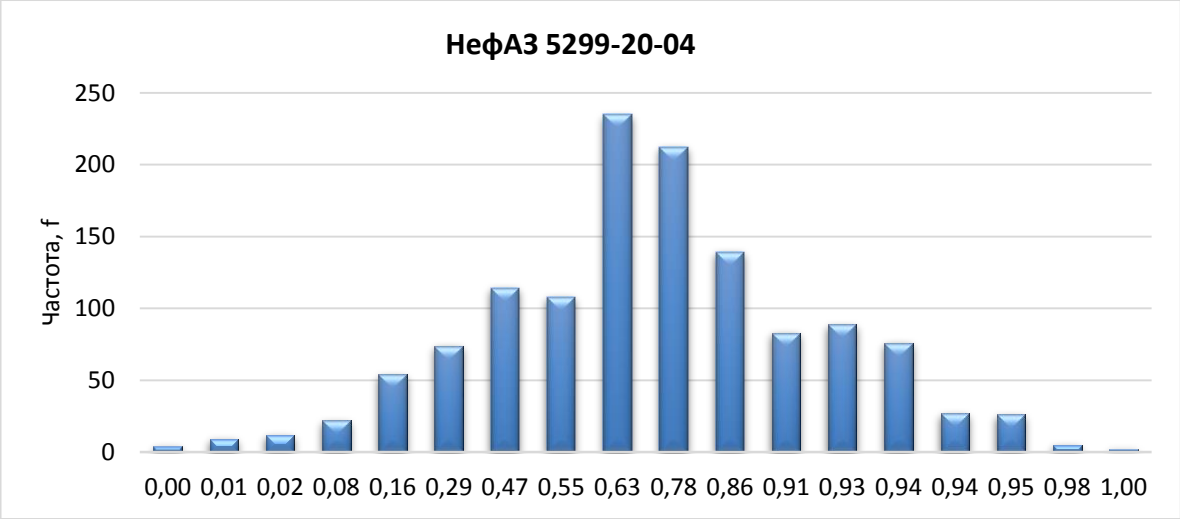




Приложение Г (продолжение)







Приложение Д

Расчёт производственной программы по ТО и ТР автобусов

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ КАП

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

марка	Асп.	L ср.сут	категория	K1 пробег	K1 трудоемкость	K3	Lto1 n	Lto2 n	Lkr n	Lri	Tn_eo	Tn_to1	Tn_to2	Tn_tp	КВП
ЛиАЗ-5256 (САТ)	28	52	3	0,8	1,2	1,0	4000	16000	500000	531,44	0,50	7,90	23,81	4,2	0,489
ЛиАЗ-529260	1	0	1	0,8	1,2	1,0	15000	15000	500000	0,00	0,80	7,90	17,36	6,2	0,000
ЛиАЗ-529230	1	0	1	0,8	1,2	1,0	15000	15000	500000	0,00	0,80	7,90	23,24	6,2	0,000
НЕФАЗ-5299-30-32, 52994	48	142	3	0,8	1,2	1,0	8000	24000	500000	2 487,84	0,50	7,90	18,21	6,2	0,709
МАЗ -203085	117	201	1	0,8	1,2	1,0	10000	30000	500000	8 583,71	0,50	7,90	18,21	6,2	0,912
															0,422
ИТОГО	195														

Асп - списочный состав
L ср.сут - средне-суточный пробег одного автобуса
K1 - коэффициент категории условий эксплуатации
K3 - коэффициент условий эксплуатации
Lto1 n - периодичность ТО-1 (км) нормативная для 1-й категории эксплуатации
Lto2 n - периодичность ТО-2 (км) нормативная для 1-й категории эксплуатации
Lkr n - пробег до капитального ремонта (км) нормативная для 1-й категории эксплуатации
Lri - годовой пробег (км)
Tn_i -нормативная трудоемкость, чел.час/1000 км

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Расчетная формула : Li = Ln_i *k1 * k3*k2

МАРКА	Асп.	Lto1	Lto2	Lкр
ЛиАЗ-5256 (САТ)	28	3200	12800	400000
ЛиАЗ-529260	1	12000	12000	400000
ЛиАЗ-529230	1	12000	12000	400000
НЕФАЗ-5299-30-32, 52994	48	6400	19200	400000
МАЗ -203085	117	8000	24000	400000
Ср-я периодичность	195	6933	13333	

Lto1 - периодичнсть ТО-1
Lto2 - периодичнсть ТО-2

3. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИИ ЗА ЦИК. 0

Расчетная формулы :
КоличествоТО2 за цикл Nто2ц = (Lкр / Lто2) - Nкр
КоличествоТО1 за цикл Nто1ц = (Lкр / Lто1) -(Nкр + Nто2ц)
Количество ЕО за цикл Nеоц = Lкр / Lср. сут

МАРКА	Асп.	Nто2ц	Nто1ц	Nеоц
ЛиАЗ-5256 (САТ)	28	30,3	93,8	7692
ЛиАЗ-529260	1	32,3	0,0	0
ЛиАЗ-529230	1	32,3	0,0	0
НЕФАЗ-5299-30-32, 52994	48	19,8	41,7	2817
МАЗ -203085	117	15,7	33,3	1990
	195			12499

Приложение Д (продолжение)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
96		4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕХНИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ										
98	Расчетная формулы и обозначения:											
99	коэффициент тех. использования					Jт = Дэц / (Дэц + Дрц)						
100	Дни эксплуатации за цикл					Дэц = Nеоц = Lкр / Lср. сут						
101	Дни простоя автомобиля в ремонте и ТО-2 за цикл					Дрц = ((Lкр/1000)* к4 * Дтотр) + Дк						
102	Удельный простой в ТО и ТР на 1000 км пробега					Дтотр						
103	Простой автомобилей в КР с учетом транспортировки					Дк= Дкi+Дт						
104	Дни простоя в АРП					Дкi						
105	Время траспортировки в АРП туда и обратно					Дт	2					
106	коэффициент изменения простоев в ТО и ТР в зависимости											
107	от пробега автомобилей с начала эксплуатации					к4'						
109	МАРКА	Асп.	Дтотр	Дкi	Дк	к4'	Дрц	Дэц=Nеоц	Jт			
110	ЛиАЗ-5256 (САТ)	28	0,5	20	22	1,400	302	7692	0,962			
111	ЛиАЗ-529260	1	0,5	20	22	0,700	162	0	0,000			
112	ЛиАЗ-529230	1	0,5	20	22	0,700	162	0	0,000			
113	НЕФАЗ-5299-30-32, 5299-	48	0,5	20	22	1,238	270	2817	0,913			
114	МАЗ -203085	117	0,5	20	22	0,700	162	1990	0,925			
115												
116												
117							1058	12499	0,922			
118												
119	коэффициент технического использов.по парку				0,922							
120												
121		5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ (ВЫПУСКА) - Jвып										
122												
123	Расчетная формулы и обозначения:											
124	коэффициент тех. использования					Jвып = Драб.г * Jт / 365						
125	Число рабочих дней в году , зависящее от режима											
126	эксплуатации автомобилей					Драб.г = Дэг/ Jт						
127	Количество дней эксплуатации автомобилей в году					Дэг = Lгi/Lср.сут* Асп						
128												
129	МАРКА	Асп.	Дэг	Драб.г	Jвып							
130	ЛиАЗ-5256 (САТ)	28	365	351	0,926							
131	ЛиАЗ-529260	1	0	0	0,000							
132	ЛиАЗ-529230	1	0	0	0,000							
133	НЕФАЗ-5299-30-32, 5299-	48	365	333	0,833							
134	МАЗ -203085	117	365	338	0,855							
135												
136												
137	коэффициент выпуска по парку				0,436							

Страница 2

Приложение Д (продолжение)

138

139 **6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПЕРЕХОДА ОТ ЦИКЛА К ГОДУ - Rг**

140 **7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕГО ПРОБЕГА АВТОМОБИЛЕЙ ПО ПАРКУ В ГОД - Lго**

141 **Расчетные формулы и обозначения:** **Rг = Дэг/Дэц**

142 **Lго = Аср * Lср.сут * Драб.г * Jт**

143

144	МАРКА	Асп.	Rг	Lго
145	ЛиАЗ-5256 (САТ)	28	0,047	492046
146	ЛиАЗ-529260	1	0,000	0
147	ЛиАЗ-529230	1	0,000	0
148	НЕФАЗ-5299-30-32, 52994	48	0,130	2072340
149	МАЗ -203085	117	0,183	7340033
150				
151				

152

153 **8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИИ В ГОД - Nгi**

154 **Расчетные формулы и обозначения:**

155 **Кол-во ТО-2 в год** **Nгто2 = (Nто2ц+1) * Rг * Асп**

156 **Кол-во ТО-1 в год** **Nгто1 = Nто1ц * Rг * Асп**

157 **Кол-во ЕО в год** **Nгео = Nеоц * Rг * Асп**

158

159	МАРКА	Асп.	Nгто2	Nгто1	Nгео
160	ЛиАЗ-5256 (САТ)	28	41,5	124,6	10220,0
161	ЛиАЗ-529260	1	0,0	0,0	0,0
162	ЛиАЗ-529230	1	0,0	0,0	0,0
163	НЕФАЗ-5299-30-32, 52994	48	129,6	259,2	17520,0
164	МАЗ -203085	117	357,7	715,3	42705,0
165					
166					

167

168	Сумма		528,7	1099,0	70445,0

169

Приложение Д (продолжение)

9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУТОЧНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ТЕХ. ОБСЛУЖИВАНИЮ - Ni_сут

Расчетная формулы и обозначения:

Суточная программа по ТО2	Nто2сут = Nгто2 / Драб.гто2	1,4
Суточная программа по ТО1	Nто1сут = Nгто1 / Драб.гто1	3,0
Суточная программа по ЕО	Nео_сут = Nгео / Драб.гео	193,0

10. КОРРЕКТИРОВАНИЕ НОРМАТИВНЫХ ТРУДОЕМКОСТЕЙ

Расчетные формулы и обозначения:

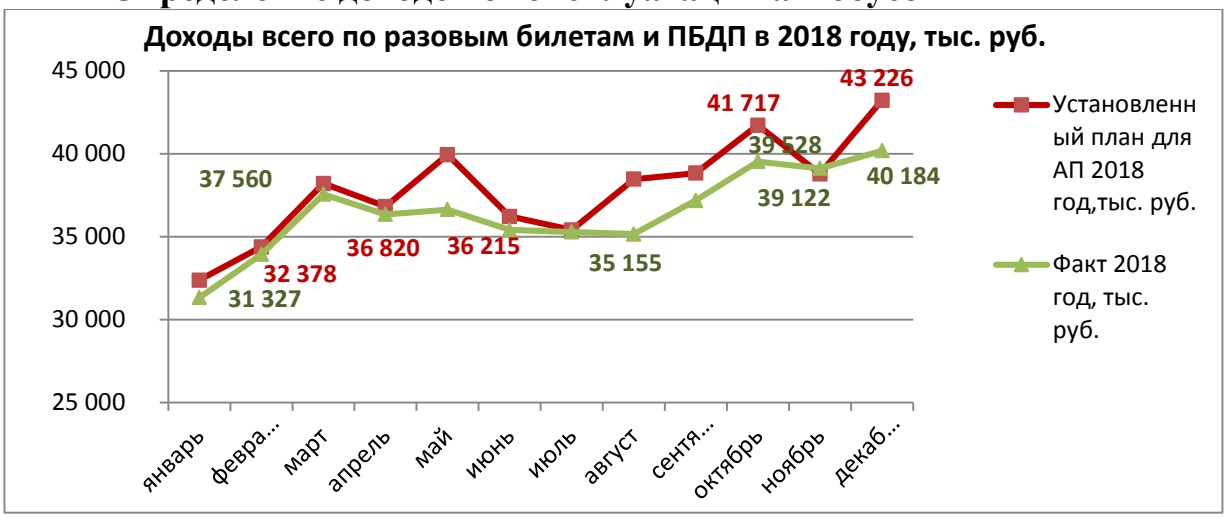
Ежедневное обсуживание		Т_ео = Тп_ео * к2 * к5 * Км
Техническое обсуживание №1		Т_то1 = Тп_то1 * к2 * к5
Техническое обсуживание №2		Т_то2 = Тп_то2 * к2 * к5
Техническое обсуживание №2 с операциями ТР		Т_то2+тр = 1,2* Тто2
Текущий ремонт		Т_тр = Тп_тр * к1 * к2* к3 *к4 *к5
Текущий ремонт постовых работ		Ттрп = Кп * Т_тр
Кп - коэффициент постовых работ (0,42 - 0,48)	0,45	
Текущий ремонт в цеху		Ттрц = Т_тр - Т_тр_п

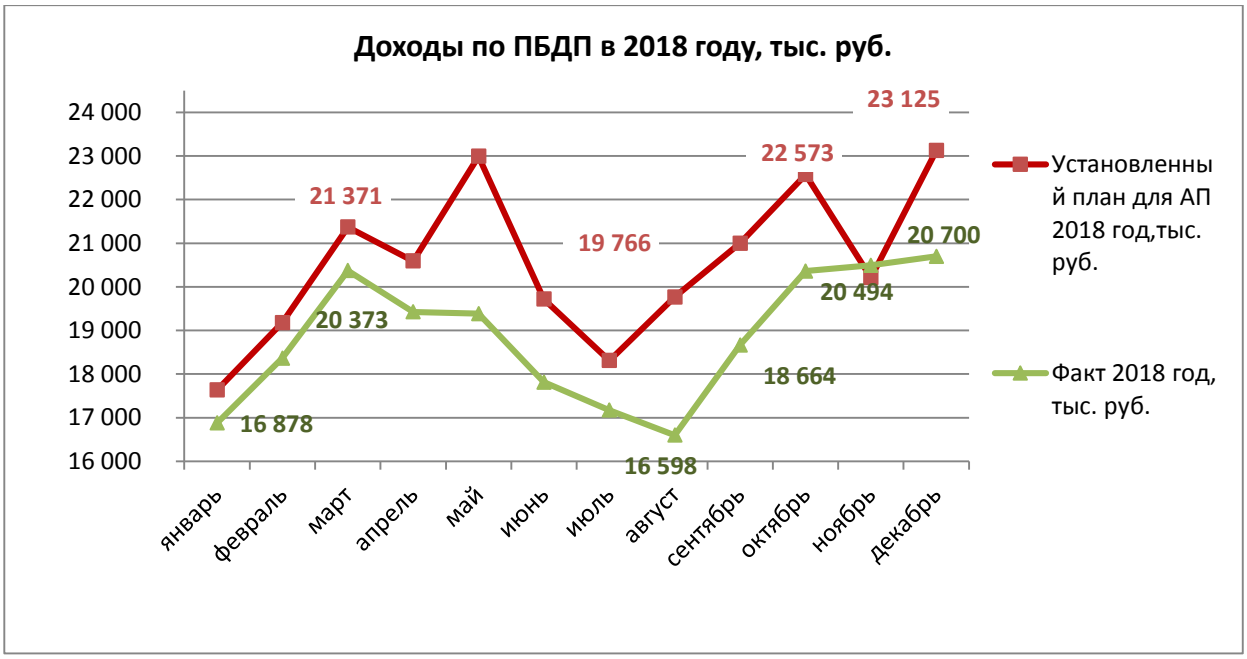
Страница

МАРКА	Асп.	Т_ео	Т_то1	Т_то2	Т_то2+тр	Т_тр	Ттрп	Ттрц
ЛиАЗ-5256 (САТ)	28	0,55	8,69	26,19	31,43	11,80	5,31	6,49
ЛиАЗ-529260	1	0,88	8,69	19,10	22,92	4,09	1,84	2,25
ЛиАЗ-529230	1	0,88	8,69	25,56	30,68	6,58	2,96	3,62
НЕФАЗ-5299-30-32, 52994	48	0,55	8,69	20,03	24,04	10,43	4,69	5,74
МАЗ -203085	117	0,55	8,69	20,03	24,04	4,29	1,93	2,36

Приложение Е

Определение доходов от эксплуатации автобусов





Приложение Ж

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО СПбГАСУ
Головина С.Г. _____
«_2_» _сентября_ 2020г.

АКТ

внедрения материалов, содержащихся в кандидатской диссертации «Методика определения коэффициента сохранения эффективности автобусов» ТАЙСАЕВА Казбека Куцуковича в учебный процесс Санкт–Петербургского государственного архитектурно-строительного университета

Комиссия в составе:

- кандидата технических наук, доцента А.В. Зазыкина – и.о. декана автомобильно–дорожного факультета;
- доктора технических наук, профессора С.А. Евтюкова – заведующего кафедрой наземных транспортно-технологических машин; доктора технических наук,
- профессора С.В. Репина – заместителя заведующего кафедрой наземных транспортно-технологических машин;
- кандидата технических наук, доцента Е.М. Олещенко – заместителя директора института повышения квалификации,

настоящим актом подтверждает внедрение материалов, содержащихся в кандидатской диссертации «Методика определения коэффициента сохранения эффективности автобусов» (автор: К.К. Тайсаев) в учебный процесс выпускающей кафедры автомобильно-дорожного факультета наземных транспортно-технологических машин и института повышения квалификации для изучения дисциплин: «Современные проблемы развития конструкции ТММ», «Техническое регулирование», «Технологическая эффективность машин» со студентами направления подготовки: 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» и аспирантами 23.06.01 - «Эксплуатация автомобильного транспорта».

Приложение Ж (продолжение)

В учебный процесс внедрены также результаты диссертационной работы, изложенные в следующих изданиях:

1. Тайсаев, К.К. Определение коэффициента сохранности эффективности автомобиля/ К.К. Тайсаев // Грузовик, 2019. №12. С. 33-35
2. Тайсаев, К.К. Актуальность определения коэффициента сохранности эффективности автомобиля в современных условиях эксплуатации /К.К. Тайсаев// Грузовик, 2020. №1. С. 33-35
3. Тайсаев, К.К. Алгоритм и программное обеспечение определения коэффициента сохранения эффективности автобусов/К.К. Тайсаев, А.В. Терентьев// Мир транспорта и технологических машин. 2020. № 3(70). С. 3-8.
4. Тайсаев, К.К. Аналитическая модель определения коэффициента сохранения эффективности автобусов/К.К. Тайсаев, А.В. Терентьев// Вестник гражданских инженеров. – СПб: СПбГАСУ, 2020. № 4 (81). С. 197-202.

Использование результатов диссертационной (кандидатской) работы «Методика определения коэффициента сохранения эффективности автобусов» К.К. Тайсаева обсуждено на заседании учебно-методической комиссии автомобильно-дорожного факультета Санкт-Петербургского государственного архитектурно–строительного университета «29» сентября 2020 г., протокол № 1.

Председатель комиссии: и.о. декана АДФ, к.т.н., доцент	_____ А.В. Зазыкин
Члены комиссии: зав. кафедрой НТТМ, д.т.н., профессор	_____ С.А. Евтюков
зам. зав. кафедрой НТТМ д.т.н., профессор	_____ С.В. Репин
зам. директора ИПК к.т.н., доцент	_____ Е.М. Олещенко

Приложение Ж (продолжение)

Ордена Трудового Красного Знамени
акционерное общество

"ПЕРВЫЙ АВТОКОМБИНАТ"

имени Г.Л. КРАУЗЕ

123308, г. Москва, ул. МНЁВНИКИ 1, тел.: 8 (499) 191-41-62, факс: 191-94-18 E-mail: autocomb1@yandex.ru

От 01.12.2020 № 010-165

На №_____

«УТВЕРЖДАЮ»
Генеральный директор
Комаров А.М.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ
результатов диссертационной работы
Тайсаева Казбека Куцуковича
на тему: «Методика определения коэффициента сохранения эффективности автобусов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта

Настоящий акт составлен в том, что результаты диссертационного исследования **Тайсаева Казбека Куцуковича** использованы при реализации мероприятий по анализу соответствия технического состояния транспортной техники современным условиям эксплуатации. Предложенная в исследовании методика определения коэффициента сохранения эффективности автомобилей является эффективным инструментом организации процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей в условиях постоянного повышения требований к обеспечению безопасности и комфортабельности пассажирских перевозок, осуществляемых предприятием.

Применение разработанной в исследовании методики определения коэффициента сохранения эффективности позволяет:

- Исключить риски возникновения ДТП, связанные с несоответствием систем, агрегатов и узлов транспорта например автомобилей, действующим техническим регламентам, тем самым снизить общие показатели травматизма и гибели людей в ДТП с участием автомобилей.
- Сократить удельные годовые затраты на ТО и ремонт техники, а также на содержание производственно-технической базы.

Следует отметить оригинальность авторской разработки: коэффициент сохранения эффективности впервые применяется в расчете показателей технической эксплуатации автомобилей, что, безусловно, является объективным инструментом управления возрастной структурой парка подвижного состава в современных условиях, когда вероятность работоспособного состояния автомобилей является безусловно необходимым, но не достаточным условием обеспечения качества.

Технический директор **К.В.Баранов**