

На правах рукописи

*Внесено*

**ЛЯНДЕНБУРСКИЙ ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ**

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И  
РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С  
ПРИМЕНЕНИЕМ БОРТОВОЙ ДИАГНОСТИКИ**

Специальность 05.22.10 - Эксплуатация автомобильного транспорта

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

**Казань, 2022**

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства» на кафедре «Эксплуатация автомобильного транспорта» (ФГБОУ ВО ПГУАС)

**Научный консультант:**

**Родионов Юрий Владимирович**, доктор технических наук, профессор, декан «Автомобильно-дорожного института» ФГБОУ ВО ПГУАС.

**Официальные оппоненты:**

**Гребенников Александр Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Организация перевозок, безопасность движения и сервис автомобилей» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» г.Саратов;

**Васильев Валерий Иванович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», г.Курган;

**Калимуллин Руслан Флюрович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г.Оренбург.

**Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е.Алексеева», г.Нижний Новгород.

Защита состоится «27» мая 2022 г. в 13 часов 30 минут на заседании диссертационного совета КФУ.05.01 при ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по адресу: 423810, Татарстан, г.Набережные Челны, пр. Мира, 13А, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», УЛК-5, ауд. 309.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГАОУ ВО К(П)ФУ.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах (заверенные печатью организации), просим направлять по адресу: 423812, Республика Татарстан. Набережные Челны, пр. Сююмбике, 10А; диссертационный совет КФУ.05.01; e-mail: [mirkampi@mail.ru](mailto:mirkampi@mail.ru)

Автореферат разослан «    »

2022 г.

Ученый секретарь  
диссертационного  
совета КФУ.05.01



к.т.н., доцент  
Мавлеев Ильдус Рифович

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Эффективность использования автотранспортных средств (АТС) зависит и определяется многими факторами, один из которых - обеспечение технической готовности АТС. В эксплуатации, чтобы повысить надежность, долговечность и техническую готовность АТС необходимо регулярно проводить определенный комплекс воздействий, что обеспечивается техническим обслуживанием (ТО) и ремонтом (Р). Ведущее место в системе ТО отводится диагностированию.

В современных условиях эксплуатации наибольшее применение получили системы внешнего и встроенного диагностирования. Однако, применение встроенных средств контроля приводят к увеличению затрат на производство АТС.

Существующие средства контроля технического состояния АТС труднодоступны для автотранспортных предприятий с малым и средним количеством автомобилей, так как обладают высокой стоимостью, значительными затратами труда и сложностью работ в системе ТО автомобилей.

Это определяет необходимость разработки новых методов поиска неисправностей, которые позволят проводить оценку технического состояния АТС и будут являться эффективными при их реализации, как при внешнем, так и бортовом диагностировании.

Решение данной проблемы может быть достигнуто путем соответствующего совершенствования системы технического обслуживания, направленного на снижение вероятности выхода из строя элементов АТС в процессе эксплуатации.

Научные работы, которые выполнены в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства, подтвердили актуальность и эффективность разработанных методов и средств оценки технического состояния автомобилей и определения периодичности профилактики элементов автомобилей.

В связи с чем создание моделей оценки технического состояния автомобилей, совершенствование методов и средств их реализации и определения на их основе оптимальной периодичности ТО и Р элементов АТС являются актуальными задачами.

**Степень разработанности темы.** Проведенный анализ отказов АТС показал необходимость разработки эффективных методов поиска неисправностей, группировки операций и определения интервалов проведения ТО.

Работы в области диагностики, ТО и Р ведутся в высших образовательных и научных учреждениях: ГОСНИТИ, КГУ, МАДИ, НИИАТе, СГТУ, ОГУ, КФУ и др. Этим направлением занимались ученые В.А. Аллилуев, И.Н. Аринин, А.П. Болдин, Е.В. Бондаренко, В.И. Васильев,

В.М. Власов, В.С. Волков, А.С. Гребенников, Л.В. Грехов, А.В. Гриценко, В.Т. Данковцев, А.С. Денисов, Н.С. Ждановский, Н.С. Захаров, Е.С. Кузнецов, Р.Ф. Калимуллин, В.А. Корчагин, А.Т. Кулаков, М.И. Левин, Л.В. Мирошников, В.М. Михлин, А.В. Николаенко, С.П. Озорнин, А.А. Отставнов, Ю.Е. Просвиров, В.И. Рассоха, С.В. Тимохин, Б.А. Улитовский, И.А. Успенский, Б.Н. Файнлейб, А.И. Федотов, Кузьмин Н.А. и др.

Анализ результатов многочисленных работ показал, что определение неисправностей автомобилей в процессе эксплуатации, ТО и Р возможна различными методами. Применение бортовой диагностики оказывает влияние на систему ТО и Р, что приводит к необходимости совершенствования методов поиска неисправностей, способов прогнозирования, определения периодичности ТО и группировки операций.

**Цель работы** – повышение эффективности эксплуатации грузовых автомобилей путем совершенствования системы их технического обслуживания и ремонта за счет методических и технических решений с применением бортовой диагностики.

Для достижения поставленной цели **решены задачи научного исследования:**

- проведен анализ методов поиска неисправностей автомобилей, определения периодичности, группировки операций ТО и пути совершенствования системы ТО и Р;

- обоснованы научные концепции обеспечения работоспособности автомобильных двигателей и трансмиссии применением бортовой диагностики и построением комбинированной системы ТО и Р;

- теоретически обоснован выбор модели поиска неисправностей автомобилей;

- разработаны математические модели прогнозирования технического состояния и определения интервалов ТО и Р автомобилей;

- разработаны математические модели выбора и оценки эффективности систем диагностирования, ТО и Р автомобилей;

- разработаны модели управления поиском неисправностей, ТО и Р автомобилей;

- проведены экспериментальные исследования по определению закономерностей изменения системы ТО и Р автомобилей путем использования предложенных методов поиска неисправностей, группировки операций и определения периодичности технического обслуживания;

- реализованы концептуальные положения системы ТО и Р автомобилей с использованием бортовой диагностики, проведена оценка экономического эффекта от внедрения.

**Содержание диссертации** соответствует областям исследований паспорта научной специальности 05.22.10 – Эксплуатация автомобильного транспорта: п. 2. Оптимизация планирования, организации и управления перевозками пассажиров и грузов, технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей, использования программно-целевых и логистических

принципов; п. 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»; п. 13 «Технологические процессы и организация технического обслуживания, ремонта и сервиса; методы диагностики технического состояния автомобилей, агрегатов и материалов».

**Объектом исследования** является процесс функционирования системы ТО и Р грузовых автомобилей.

**Предмет исследования** – закономерности изменения системы ТО и Р автомобилей при использовании новых методов поиска неисправностей, группировки операций и определения периодичности технического обслуживания с применением бортовой диагностики.

**Положения, обладающие научной новизной и выносимые на защиту:**

- методы оценки технического состояния и остаточного ресурса, группировки операций и определения периодичности ТО автомобилей, позволяющие реализовать предложенную систему технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей;

- концепция поддержания работоспособности грузовых автомобилей с применением бортовой диагностики и построением комбинированной системы технического обслуживания и ремонта, позволяющая сформулировать положения и стадии управления работоспособным состоянием элементов автомобиля для полного использования ресурса и предотвращения преждевременных отказов;

- теоретическое обоснование модели оценки технического состояния автомобилей, позволяющее выявить выходящий из строя элемент автомобиля при снижении затрат на установку и обслуживание контролируемых элементов;

- математические модели прогнозирования технического состояния и определения интервалов ТО автомобилей, применимы для выполнения операций ТО и ТР автомобилей;

- математические модели оценки эффективности структуры систем диагностирования, ТО и Р автомобилей, позволяют определить наиболее эффективную из предложенных систем;

- алгоритмы работы систем бортового диагностирования двигателя и трансмиссии, автоматизированного управления оценкой технического состояния автомобилей и формирования необходимого перечня профилактических работ, позволяют значительно снижать трудоемкость определения технического состояния, ТО и Р автомобилей;

- технические решения и программные средства обеспечения бортового диагностирования, ТО и ТР на основе предложенных методов поиска неисправностей, группировки операций и определения периодичности ТО и Р автомобилей, позволяющие определять техническое состояние двигателей и

трансмиссии автомобилей и своевременно выполнять операции технического обслуживания и ремонта.

**Теоретическая значимость** результатов исследования заключается в разработке научно-методологических положений по формированию модели оценки технического состояния автомобилей, алгоритмов, программных средств и технических решений направленных на развитие методов поиска неисправностей, определения оптимальной периодичности проведения ТО и Р, группировки операций технического воздействия с целью обеспечения эффективности эксплуатации АТС.

**Практическая значимость.** Результаты предложенных разработок подтверждаются актами внедрения в ФГУП «УДС № 5» (г. Рязань), ООО «РБА-Пенза», ООО «Опора+» (г. Пенза), ОАО «Дорожник» (г. Шацк), ООО «Интеграл-П» (г. Пенза). Результаты исследований используются в учебном процессе учреждений высшего образования: Пензенского ГУАС, Владимирского государственного университета, Курганского государственного университета, Чайковского технологического института Ижевского государственного технического университета, Оренбургского государственного университета.

**Методы исследования, достоверность и обоснованность полученных результатов.** Исследования проведены с использованием методов планирования эксперимента, системного и статистического анализа, положений теории технической эксплуатации автомобилей, теории вероятностей, управления. Достоверность результатов исследований подтверждается тем, что они согласуются с теоретическими и проведенными ранее исследованиями сходимость результатов экспериментальных и теоретических исследований соотносятся с результатами, представленными в независимых источниках соответствующих теме диссертации; в результате анализа и обработки больших объёмов статистической информации экспериментальные данные получены с использованием стандартных методов.

**Апробация и реализация результатов работы.** Положения диссертации доложены, обсуждены и одобрены на ежегодных научных конференциях: Всероссийская научно-техническая конференция «Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств» (г. Пенза, 2002-2017 гг.); Международная научно-практическая конференция «Перспективные направления развития автотранспортного комплекса» (г. Пенза, 2008-2014 гг.); Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса» (г. Магадан, 2010 г.); Международный научный форум «Наука молодых – интеллектуальный потенциал XXI века» (г. Пенза, 2011-2019 гг.); Международная научно-практическая конференция «Проблемы развития автотранспортного комплекса» (г. Орел, 2013 , 2018 г.); Международная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы развития автомобильного транспорта» (г. Курган, 2013 г.); Международная научно-практическая

конференция «Инновационные источники развития национальной экономики» (г. Прага, 2014, 2015, 2020 гг.); Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации – 2014, 2015, 2018, 2019» (г. Перемышль, Польша, 2014, 2015, 2018, 2019 г.); Международная научно-практическая конференция «Горизонты науки» (г. Шеффилд, Англия, 2014, 2015, 2018, 2019 г.); Международная научно-практическая конференция «Современные исследования и развитие» (г. София, Болгария, 2015, 2020 г.); III Международная научная конференция «Глобальная наука и инновации» (г. Чикаго, 2014 г.); научные семинары кафедр «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Эксплуатация автомобильного транспорта» (г. Пенза, ПГУАС, 2006-2020 г.).

Представлены результаты исследований в отчётах по выполненным НИР: «Разработка вероятностно-логического метода поиска неисправностей» (по договору № 14.58 от 17 февраля 2014 г.), «Разработка динамичной системы технического обслуживания автомобилей» (по договору № 15.220 от 19 ноября 2015 г.).

**Публикации.** Основные положения и результаты диссертационного исследования опубликованы в 111 работах, в том числе 45 научных статей в 9 ведущих изданиях из перечня рецензируемых научных журналов и изданий ВАК для опубликования основных научных результатов диссертаций, 6 статей в журналах, индексируемых международной базой данных Scopus и WoS, 9 монографий.

**Объем и структура работы.** Работа состоит из введения, 6 разделов, основных выводов и результатов, библиографии из 295 наименований, приложения. Диссертационная работа изложена на 321 страницах машинописного текста, включает в себя 36 таблиц, 98 рисунков.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** изложены обоснование актуальности темы, цель и задачи исследования, раскрыты научная новизна и практическая значимость работы, приведены общая характеристика исследования, основные положения, выносимые на защиту.

**В первом разделе** представлены результаты анализа состояния проблемы совершенствования системы технического обслуживания и ремонта автомобилей с бортовым диагностированием.

Морфологический анализ методов поиска неисправностей показал, что они требуют дорогостоящего приборного обеспечения, специальных помещений, отличаются значительными затратами труда, а также требуют специальной подготовки оператора. Поэтому реализация существующих методов целесообразна в крупных диагностических комплексах, в автотранспортных предприятиях с большим количеством автомобилей. Для решения вопросов поддержания автомобилей в работоспособном состоянии

на предприятиях небольшой мощности, а также работающих в отрыве от производственной базы предприятия, целесообразна разработка простой и эффективной системы предотвращения отказов.

Для контроля технического состояния автомобилей в настоящее время используют различные методы и средства определения неисправности и диагностирования.

Анализ известных методов поиска неисправностей (исключения, временного, вероятностного, логического, стоимостного) показывает, что при сочетании некоторых методов выявление неисправности достигается с меньшими затратами, чем при использовании каждого из методов в отдельности.

Установлено, что наиболее эффективным является сочетание комбинации из вероятностного, логического, временного, стоимостного методов определения неисправностей. Предлагаемый комбинированный метод предполагает установку на автомобиль бортовой системы контроля и датчиков для наиболее сложных, часто выходящих из строя элементов, таких как двигатель и трансмиссия, требующих наименьшего количества времени и затрат на поиск неисправности, с последующим исключением элементов и логическим поиском. Если значения параметров этих элементов находятся вне пределов допустимых значений, то временным, стоимостным и логическим поиском, а также операциями контроля возможно выявление практически любой возможной неисправности.

Главными критериями, определяющими эффективность системы ТО и ремонта, являются содержание и периодичность профилактических операций и возможность их группировки для заданного вида ТО, а также количество видов ТО и их кратность.

Наиболее распространены пять методов группировки операций: по стержневым операциям; естественный; технико-экономический; экономико-вероятностный; динамический.

При объединении методов группировки операций ТО и совместном их воздействии происходит снижение вероятности проведения операций с интервалами, отличающимися от оптимальных.

При назначении периодичности ТО могут использоваться различные методы определения периодичности. Известно шесть методов определения периодичности ТО: по допустимому уровню безотказности; по допустимому значению параметра; технико-экономический; экономико-вероятностный; статистический; динамический.

Анализ методов определения периодичности ТО показывает, что при их объединении и воздействии на объект обслуживания техническое обслуживание будет проводиться с интервалами, не приводящими к выходу из строя агрегатов и систем автомобилей, либо обеспечивать более полную реализацию пробега до ТО.

Установлено, что наиболее приемлемым для бортового диагностирования будет сочетание динамического и естественного методов

группировки операций. Сочетание стержневого и динамического методов группировки операций возможно в том случае, когда в группе присутствует операция, отвечающая либо за безопасность движения, либо наиболее трудоемкая.

К достоинствам сочетания методов следует отнести: повышение сроков эксплуатации автомобилей и увеличение интервалов ТО и проведения профилактических воздействий; возможность контроля возрастной структуры парка; совершенствование системы учета и анализа параметров надежности, затрат и доходов при эксплуатации автомобилей; возможность использования бортовой системы учета работы и контроля состояния автомобиля.

На основе общего понимания закономерностей изменения технического состояния автомобилей в эксплуатации обоснована научная концепция поддержания работоспособности автомобильных двигателей и трансмиссии, которая отличается условиями контроля и профилактики на основе развития методов поиска неисправностей, определения периодичности и группировки операций ТО (рис.1).

Концептуальные положения сформулированы следующим образом:

- целью является повышение эффективности эксплуатации автомобилей путем совершенствования системы их технического обслуживания и ремонта за счет методических и технических решений с применением бортового диагностирования;

- критерием является поддержание работоспособности автомобилей на основе контроля и поддержания технического состояния с помощью бортовых систем диагностирования и комбинированной системой ТО и Р за счет своевременного проведения профилактических операций и управления процессами ТО и Р;

- ограничением является допущение, что контроль технического состояния элементов автомобилей выполняется до наступления предельно-допустимого значения параметра, интенсивность изменения которого зависит от условий эксплуатации;

- областями действия являются этапы эксплуатационного цикла автомобиля: режимы работы по назначению, диагностирование, техническое обслуживание и ремонт;

- стадии включают разработку теоретических положений управления процессами контроля и профилактики; разработку модели управления комбинированной системы ТО и Р автомобилей: информационный, технический, интеллектуальный компонент;

- техническими решениями являются бортовые системы диагностирования и программно-информационный комплекс комбинированной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей; пакеты прикладных программ, техника и технология управления;

<b>КОНЦЕПЦИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БОРТОВОЙ ДИАГНОСТИКИ</b>	
<b>Цель</b>	
повышение эффективности эксплуатации автомобилей путем совершенствования системы их технического обслуживания и ремонта за счет методических и технических решений с применением бортового диагностирования.	
<b>Критерии</b>	<b>Ограничения</b>
Снижении количества отказов за счет управления диагностированием техническим обслуживанием и ремонтом	Интенсивность изменения параметров технического состояния автомобилей зависит от условий эксплуатации
<b>Области действия</b>	<b>Стадии</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Работа по назначению.</li> <li>2. Диагностирование.</li> <li>3. Техническое обслуживание и ремонт</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработка теоретических положений совершенствования диагностирования, технического обслуживания и ремонта.</li> <li>2. Разработка систем бортового диагностирования, технического обслуживания и ремонта.</li> <li>3. Апробация и внедрение.</li> </ol>
<b>Технические решения</b>	<b>Организационные решения</b>
Бортовая система диагностирования. Программно-информационный комплекс системы ТО и Р	Методики оценки технического состояния автомобилей, управления техническим обслуживанием и ремонтом, обучение персонала

Рис. 1. Концепция поддержания работоспособности автомобилей с применением бортовой диагностики и построением комбинированной системы технического обслуживания и ремонта

- организационные решения составляют методики поддержания работоспособности на этапах эксплуатационного цикла автомобиля, обучение персонала.

Сформулированная концепция учитывает в структуре эксплуатационного цикла автомобиля создание условий для полного использования ресурса

элементов автомобиля и предотвращения преждевременных отказов за счёт развития системы бортового диагностирования автомобилей на основе комбинации методов поиска неисправностей и комбинированной системы ТО и Р в направлении совершенствования её математического, информационного, технического и организационного обеспечений.

Анализ состояния вопроса показал необходимость совершенствования методов диагностирования, технического обслуживания и ремонта автомобилей, разработки бортовой системы контроля и комбинированной системы технического обслуживания и ремонта на основе новых методов поиска неисправностей, группировки операций и определения периодичности технического обслуживания. Решение этой комплексной научной проблемы обусловило формулировку цели и задач диссертации.

Во **втором разделе** приведены результаты теоретических исследований и оценка моделей технического обслуживания и ремонта автомобилей.

В процессе эксплуатации автомобилей происходят изменения параметров, которые могут наблюдаться и определяться без разборки контролируемого элемента.

Проведенные теоретические исследования моделей диагностирования и систем технического обслуживания и ремонта автомобилей показывают, что для определения наиболее оптимальных моделей и систем необходимо введение в рассмотрение вероятностных характеристик. Для выявления оптимальной модели диагностирования, системы технического обслуживания и ремонта автомобилей предлагается использовать комплексный (параметрический) коэффициент:

$$K_{\pi i} = \frac{\Pi_{\pi i}}{\sum \Pi_i}, \quad (1)$$

где:  $\Pi_{\pi i}$  – параметр предлагаемой модели диагностирования, системы технического обслуживания и ремонта автомобилей (комплексный показатель);  $\sum \Pi_i$  – суммарный параметр известных моделей диагностирования, систем технического обслуживания и ремонта автомобилей (комплексный показатель).

Проведенный расчет и анализ комплексного коэффициента  $K_{\pi i}$  приводит к выводу о том, что меньшим его значениям соответствуют более эффективные предложенные модели и системы.

Определенные с помощью датчиков диагностического оборудования параметры и показатели системы характеризуются комплексным вероятностным параметром  $\Pi_B$ , который учитывает применение объективного контроля технического состояния, как условие прекращения работы автомобиля на линии и необходимости выполнения профилактических работ. Для оценки показателей, поддающихся оценке с помощью логических возможностей оператора, используем логический параметр  $\Pi_L$ , для временных -  $\Pi_{Вр}$ , для стоимостных -  $\Pi_C$ , для исключения –  $\Pi_{И}$ .

При использовании комбинации методов, необходимых при поиске

неисправностей, наиболее целесообразным для оценки модели поиска неисправности (оценки оптимальности выбранной модели) является использование параметрического коэффициента  $K_{Пкпн}$ :

$$K_{Пкпн} = П_В / (П_Л + П_{Вр} + П_С + П_В + П_И), \quad (2)$$

где:  $П_В$  – значение параметра при вероятностном контроле, характеризующее вероятность выхода из строя контролирующих и контролируемых элементов автомобиля (комплексный показатель);

$П_Л$  – значение параметра при логическом контроле, характеризующее вероятность выявления неисправности с помощью логических возможностей оператора (комплексный показатель).

$П_{Вр}$  – значение параметра при временном контроле, характеризующее время поиска неисправности контролирующих и контролируемых элементов автомобиля (комплексный показатель);

$П_С$  – значение параметра при стоимостном контроле, характеризующее затраты на поиск неисправности контролирующих и контролируемых элементов автомобиля (комплексный показатель).

$П_И$  – значение параметра при последовательно исключении неконтролируемого элемента, характеризующее возможность поиска неисправности модернизированных и новых элементов автомобиля (комплексный показатель).

Вероятностный подход к определению параметра  $П_В$  отражается в формуле (3):

$$П_В = \prod_{j=1}^n (P(x_j^П - x_j^{ПД} = u_j > 0)) M_{min} / M_{max}, \quad (3)$$

где:  $\prod_{j=1}^n (\dots)$  – произведение вероятностей безотказности контролирующего элемента;

$P(\dots)$  – вероятность безотказности контролирующего элемента;

$x_j^П$  – предельное значение параметра работоспособности контролирующего элемента;

$x_j^{ПД}$  – предельно-допустимое значение параметра работоспособности контролирующего элемента;

$u_j$  – разность между предельным и допустимым значением параметра работоспособности контролирующего элемента;

$M_{min}$  – минимальное количество контролирующих элементов, необходимое для нахождения параметров, характеризующих отказ агрегата автомобиля;

$M_{max}$  – максимальное количество контролирующих элементов, необходимое для нахождения параметров, характеризующих отказ агрегата автомобиля.

Для того, чтобы правильно и быстро диагностировать сложный объект, такой, как двигатель или трансмиссию, необходимо иметь большое количество данных о взаимосвязях между возможными отказами имеющими

различные симптомы, а также достаточный опыт водительского состава автотранспортного предприятия.

Суть вероятностного метода заключается в определении статистических данных о структуре изменений параметров состояния в зависимости от времени работы, части или всех возможных комбинаций симптомов и их соединений и вероятности появления каждого признака. Поиск неисправности выполняется в порядке убывания вероятности возникновения различных отказов для конкретного симптома. При равной вероятности двух или более специфических отказов каждый поисковый признак определяется на основании минимального времени, необходимого для проверки. Тогда временной подход к определению параметра  $\Pi_{Вр}$  находится по формуле:

$$\Pi_{Вр} = B_m / B_j, \quad (4)$$

где:  $B_m$  – количество параметров с равной вероятностью, характеризующей отказ агрегата автомобиля;

$B_j$  – общее количество параметров, установленное в результате контроля технического состояния агрегата автомобиля.

Временной параметр позволит при возможном равновероятном выходе из строя элементов агрегата автомобиля, и в зависимости от минимального времени на поиск неисправности, определить неисправный элемент.

Если время поиска неисправности является одинаковым для различных отказов, в этом случае поиск является неэффективным, так как приводит к неопределенности, то есть к случайному выбору поисковой последовательности ошибки. Важным критерием для определения неисправностей являются затраты на поиск предполагаемого неисправного элемента. Начинают проверку с элемента, затраты на поиск неисправности которого минимальны по сравнению с другими элементами.

Стоимостной подход к поиску параметра  $\Pi_c$  определится по формуле:

$$\Pi_c = V_c / B_j, \quad (5)$$

где:  $V_c$  – количество параметров с равным временем, характеризующих отказ агрегата автомобиля.

Стоимостной параметр позволит при возможном одновременном выходе из строя элементов агрегата автомобиля, и в зависимости минимальной стоимости на поиск неисправности, определить неисправный элемент.

Как следует из (3), для повышения достоверности оценки состояния автомобилей логично увеличивать число контролируемых элементов. Однако с помощью логической составляющей можно уменьшить количество элементов системы контроля и, соответственно, снизить затраты на проведение диагностических работ, изготовление бортовой системы контроля, а также ТО и Р автомобилей.

Логический подход к определению параметра  $\Pi_l$  зависящего от логических возможностей оператора отражается формулой (6):

$$\Pi_{\text{л}} = \begin{cases} 0, & \text{если } v \geq 0,8 \\ 1,6 - 2 \cdot v, & \text{если } v \in (0,3; 0,8) \\ 1, & \text{если } v \leq 0,3 \end{cases} \quad (6)$$

где  $v$  – коэффициент вариации.

Метод исключения проявляется в последовательном определении изменений технического состояния элементов автомобилей и исключения работоспособных параметров. Параметр  $\Pi_{\text{и}}$  находится по формуле:

$$\Pi_{\text{и}} = B_{\text{и}}/B_j, \quad (7)$$

где:  $B_{\text{и}}$  – количество параметров, определяемых методом исключения, характеризующих отказ автомобиля.

Подставляя (3) - (7) в (2) получим расчётную формулу (8) для нахождения значения параметрического коэффициента поиска неисправностей  $K_{\text{ПКПН}}$ :

$$K_{\text{ПКПН}} = 1 / \left[ \prod_{j=1}^n (P(x_j^{\text{п}} - x_j^{\text{пд}} = u_j > 0)) M_{\text{min}}/M_{\text{max}} + B_m/B_j + B_{\text{л}}/B_j + B_w/B_j + \begin{cases} 0, & \text{если } v \geq 0,8 \\ 1,6 - 2 \cdot v, & \text{если } v \in (0,3; 0,8) \\ 1, & \text{если } v \leq 0,3 \end{cases} \dots \right]. \quad (8)$$

Анализ формулы (8) показывает, что при уменьшении количества контролируемых элементов вероятность выхода их из строя уменьшается, при этом применение временного и стоимостного методов позволит осуществить поиск неисправности, а применение логического метода и метода исключения позволит выявить неисправность с заданной вероятностью.

Предложенный математический подход к определению модели поиска неисправностей автомобилей основан на комбинации методов поиска неисправностей, который отличается от существующих тем, что определение неисправностей происходит на основе вероятностного выявления наиболее часто выходящего из строя элемента автомобиля, с последующим временным, стоимостным, логическим поиском и исключением, что приводит к снижению затрат на установку и обслуживание контролируемых элементов.

**Третий раздел** посвящен прогнозированию изменения технического состояния автомобилей и выбору интервалов между профилактическими работами. Необходимо учитывать, что комбинированная система ТО и Р характеризуется рядом особенностей: объединением операций по группам и видам технического обслуживания; сложностью определения трудоемкости и оценки материальных затрат на каждый вид технического обслуживания и

ремонта автомобилей; неопределенностью времени постановки автомобиля на участок обслуживания (что затрудняет планирование и организацию технического обслуживания и ремонта). В связи с этим должно производиться прогнозирование технического состояния автомобиля на основе показаний бортовой системы диагностирования.

При бортовом диагностировании выявляются функциональные зависимости параметров технического состояния от пробега автомобиля (одни параметры уменьшаются, другие увеличиваются, третьи остаются неизменными), которые отображаются графически. В технической эксплуатации автомобилей изменение параметров технического состояния происходит по степенной или линейной зависимостям.

По изменению параметров определяют момент, когда необходимо проводить профилактическое воздействие, т.е. параметр достигнет допустимого значения, следовательно, и значение остаточного ресурса по контролируемому параметру.

В существующих способах прогнозирования нахождение остаточного ресурса осуществляется по двум значениям параметра, полученным при диагностировании при двух значениях пробега соответственно, а также по известным функциональным изменениям параметра. Однако в процессе работы автомобиля на линии изменяются условия эксплуатации, что приводит к неконтролируемому изменению параметра технического состояния.

Для полного использования ресурса и объективного определения срока службы до достижения допустимого значения параметра требуется разработка способов прогнозирования, основанных на измерении параметров, содержащих информацию о техническом состоянии более чем по двум значениям полученных при диагностировании элементов автомобилей. Наиболее целесообразно для определения остаточного ресурса использовать данные бортового диагностирования, отражающие тенденцию изменения параметра, причём использовать значения более чем двух измерений, по зависимости достижения функцией допустимого значения.

Для определения момента достижения допустимого значения изменения параметра технического состояния автомобиля находим точку пересечения прямой  $y = y_{\text{пд}}$  (рис. 2) и, соответственно, степенной или линейной функций, решая систему уравнений:

- для степенной функции

$$t_{\text{пд}}^c = \begin{cases} y = a_0 + a_1 l^b \\ y = y_{\text{пд}} \end{cases} \quad (9)$$

где:  $a_0$  - начальное значение;  $a_1$  и  $b$  - коэффициенты, определяющие интенсивность и характер изменения параметра технического состояния;

- для линейной функции

$$l_{\text{пд}}^{\text{п}} \begin{cases} y = a_0 + a_1 l^b \\ y = y_{\text{пд}} \end{cases} \quad (10)$$

Для соответствующей кривой находим точку пересечения на графике с предельно-допустимым значением и устанавливаем предельно-допустимый пробег  $l_{\text{пд}}$  и остаточный ресурс  $l_{\text{ост}}$  по формуле (11):

$$l_{\text{ост}} = l_{\text{пд}} - l_k. \quad (11)$$

Остаточный ресурс, позволит более точно определить момент необходимости выполнения профилактического воздействия.

Применение автоматизированного определения перечней и периодичностей ступеней ТО основано на прогнозировании временных интервалов и полученной информации о наработке до отказа элемента автомобиля. Выбор малых интервалов контроля приводит к излишним затратам, больших - к увеличению вероятности выхода из строя элементов автомобиля, что соответственно приводит к увеличению затрат на ремонтные работы. Следовательно, интервалы до технического обслуживания и текущего ремонта необходимо выбирать с некоторым оптимальным пробегом, для чего предлагается модель выбора значений интервалов.

Оптимальные интервалы профилактических работ при планировании выбираем с учётом минимизации количества профилактических воздействий и максимизации разности  $L$  пробегов автомобиля между ними согласно выражению:

$$L = l_{\text{ин}} - l_{\text{ин-1}} \rightarrow \max \quad (12)$$

где:  $l_{\text{ин}}$  – пробег до профилактического воздействия, км.;  $l_{\text{ин-1}}$  – пробег до предыдущего профилактического воздействия, км.

Чем больше  $L$ , тем меньше затрачивается средств на техническое обслуживание автомобилей.

При бортовом диагностировании и прогнозировании значений «у» параметров технического состояния автомобилей процесс планирования технического обслуживания и ремонта возможен при соблюдении следующих условий:

- разница значений параметров  $y(l_k)$  и  $y(l_{k-1})$  при двух последовательных измерениях пробега должна быть более нуля (рис.1):

$$y(l_k) - y(l_{k-1}) \geq 0; \quad (13)$$

- разница предельно-допустимого значения параметра  $y(l_{\text{пд}})$  и разницы двух последних измерений значений параметра  $y(l_k - l_{k-1})$  должна быть более нуля:

$$y(l_{\text{пд}}) - y(l_k - l_{k-1}) \geq 0; \quad (14)$$

- значение пробега  $l_k$  в момент измерения бортовой системой диагностирования не должно превышать значение пробега  $l_{\text{пд}}$  до предельно-допустимого значения параметра:

$$l_k \leq l_{\text{пд}}; \quad (15)$$

- значение пробега  $l_k$  в момент измерения бортовой системой диагностирования должен быть ниже предельного значения  $l_{\text{п}}$  параметра:

$$l_k < l_{\text{п}}. \quad (16)$$

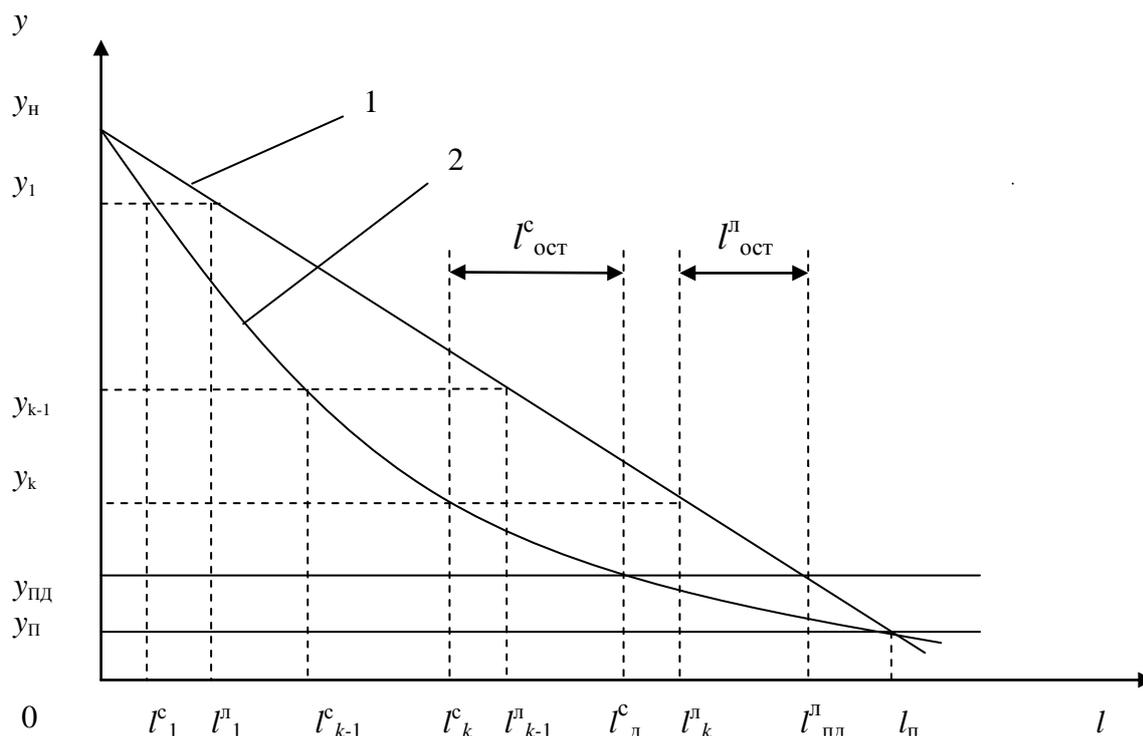


Рис. 2. Графическое отображение изменения технического состояния автомобиля от пробега при бортовом диагностировании (на примере линейной и степенной функций изменения контролируемого параметра):  $y_{\text{н}}$  – номинальное значение параметра технического состояния;  $y_1, \dots, y_k$  – значения контролируемого параметра для степенной функции при значениях пробега  $l_1^c, \dots, l_k^c$  (фиксируются бортовой системой диагностирования);  $l_1^l, \dots, l_k^l$  – значения контролируемого параметра для линейной функции (фиксируются бортовой системой диагностирования);  $l_{\text{пд}}^l$  – пробег до предельно-допустимого значения параметра технического состояния по линейной функции;  $l_{\text{пд}}^c$  – пробег до предельно-допустимого значения параметра технического состояния по степенной функции;  $l_{\text{п}}$  – пробег до предельного значения параметра технического состояния ( $y_{\text{пд}}$  и  $y_{\text{п}}$  – предельно-допустимое и предельное значения параметра соответственно);  $l_{\text{ост}}^c$  – остаточный ресурс для степенной функции;  $l_{\text{ост}}^l$  – остаточный ресурс для линейной функции.

Оптимальное значение момента осуществления профилактического воздействия на систему определится из уравнения:

$$y_{\text{пд}} - l_k = 0; \quad (17)$$

при

$$l_{\text{пд}} < l_{\text{п}}. \quad (18)$$

Найденные моменты профилактических воздействий, основанные на прогнозировании технического состояния автомобилей, позволяют обеспечить высокое качество технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей.

Изложенная модель в виде последовательного решения задач прогнозирования технического состояния и выбора интервалов между профилактическими работами применима для своевременного выполнения операций технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей.

**В четвертом разделе** выполнен поиск эффективной модели определения затрат (значения издержек) на проведение диагностирования, технического обслуживания и ремонта автомобилей.

Для оценки систем диагностирования, технического обслуживания и ремонта автомобилей предлагается использовать коэффициент издержек  $K_{Иi}$  (19):

$$K_{Иi} = \frac{И_i}{\sum И_i}, \quad (19)$$

где:  $И_i$  – издержки при использовании принятой модели формирования системы диагностирования, ТО и Р, руб.;  $\sum И_i$  – суммарные издержки при использовании возможных моделей формирования систем диагностирования, ТО и Р, руб.

Чем больше значение  $K_{Иi}$ , тем менее экономичен процесс эксплуатации автомобилей.

Своевременное техническое обслуживание и ремонт на основе диагностирования автомобилей обеспечивает повышение эффективности функционирования подвижного состава автотранспортного предприятия.

Вместе с тем, существующая в настоящее время регламентация периодичности контроля не исключает возможности эксплуатации автомобилей с состоянием, требующим технического обслуживания и ремонта, либо требует проводить ТО до наступления недопустимого состояния элемента автомобиля. Это приводит либо к выходу элемента автомобиля из строя, либо к неполному использованию его ресурса, к значительным материальным затратам на поддержание работоспособности автомобиля.

Издержки  $И_{\text{д}}$  на поддержание автомобиля в технически исправном состоянии (с диагностированием) определяются по формуле (20):

$$I_{\text{д}} = (C_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}} + C_{\text{р}} \cdot Q_{\text{р}} + \Pi_{\text{у}} \cdot (t_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}} + t_{\text{р}} \cdot Q_{\text{р}})) / l, \quad (20)$$

где:  $C_{\text{п}}$  – затраты на профилактическое обслуживание, руб.;  $C_{\text{р}}$  – затраты на аварийный ремонт, руб.;  $\Pi_{\text{у}}$  – удельная прибыль за 1 час эксплуатации автомобиля, руб./ч.;  $Q_{\text{п}}$  – количество автомобилей, прошедших профилактическое обслуживание на пробеге  $l$ ;  $Q_{\text{р}}$  – количество аварийных ремонтов для автомобилей на пробеге  $l$ ;  $t_{\text{п}}$  – время на профилактическое обслуживание, ч.;  $t_{\text{р}}$  – время на аварийный ремонт, ч.

Издержки на диагностирование бортовыми системами контроля (БСК) определяются по формуле (21):

$$I_{\text{БСК}} = (C_{\text{бск}} + C_{\text{прбск}} + C_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}} + \Pi_{\text{у}} \cdot t_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}}) / l, \quad (21)$$

где:  $C_{\text{бск}}$  – затраты на создание бортовой системы контроля, руб.;  $C_{\text{прбск}}$  – затраты на ТО и Р бортовой системы контроля, руб.

Коэффициент издержек  $K_{\text{Ибск}}$  бортового диагностирования запишется:

$$K_{\text{Ибск}} = I_{\text{БСК}} / (I_{\text{д}} + I_{\text{БСК}}). \quad (22)$$

Тогда, подставляя в формулу (22) формулы (20) и (21), получим (23):

$$K_{\text{Ибск}} = \frac{C_{\text{бск}} + C_{\text{прбск}} + C_{\text{р}} \cdot Q_{\text{р}} + \Pi_{\text{у}} \cdot t_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}}}{2 \cdot C_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}} + C_{\text{р}} \cdot Q_{\text{р}} + \Pi_{\text{у}} \cdot (t_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}} + t_{\text{р}} \cdot Q_{\text{р}}) + \Pi_{\text{у}} \cdot t_{\text{п}} \cdot Q_{\text{п}}}. \quad (23)$$

Коэффициент издержек бортового контроля  $K_{\text{Ибск}}$  является оценкой эффективности модели диагностирования и его значение может использоваться для принятия решений при проведении экспериментальных исследований. Чем меньше значение коэффициента издержек, тем эффективнее предлагаемая модель диагностирования.

Для определения эффективности применения систем технического обслуживания и ремонта находим суммарную функцию  $\sum I_i$ , характеризующую зависимость издержек автомобиля при заданном пробеге:

$$\sum I_i = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6, \quad (24)$$

где:  $I_i$  – издержки при использовании конкретной модели формирования системы ТО и Р, руб.;  $I_1, I_2, \dots, I_5$  – издержки при использовании систем саморегулирования, динамической, планово-предупредительной системы (ППС) с диагностированием, планово-предупредительной без диагностирования, по потребности, комбинированной соответственно, руб.

Для комбинированной (динамической и планово-предупредительной с диагностированием) системы ТО и Р периодичность ТО зависит от момента достижения элементами автомобилей допустимого значения параметра ТС и будет переменной величиной, причём издержки комбинированной системы (КС)  $I_6$  определяются по формуле (25):

$$I_6 = (C_n + C_p) + \Pi (t_n Q_n + t_{tr} Q_p) + (C_{бск} + C_{прбск} + C_d). \quad (25)$$

Общие суммарные издержки  $\sum I_i$  с учётом использованных обозначений определяются по формуле (26):

$$\sum I_i = C_n + C_p + C_d + \Pi_y \cdot (t_n \cdot Q_n + t_p \cdot Q_p + t_d \cdot Q_d) + C_{бск} + C_{прбск} + C_{сс} + C_{прсс}, \quad (26)$$

где:  $t_d$  – время на одно диагностирование, ч.;  $Q_d$  – количество диагностирований;  $C_d$  – затраты на одно диагностирование, руб.;  $C_{сс}$  – затраты на изготовление саморегулирующей системы, руб.;  $C_{прсс}$  – затраты на ТО и ремонт саморегулирующей системы, руб.

Коэффициент издержек  $K_{Икс}$  комбинированной системы технического обслуживания и ремонта определяется по формуле (27):

$$K_{Икс} = I_6 / \sum I_i \quad (27)$$

Подставляя в формулу (27) формулы (24) и (25), получим (28):

$$K_{И_6} = \frac{(C_n + C_p) + \Pi (t_n Q_n + t_{tr} Q_p) + (C_{бск} + C_{прбск} + C_d)}{(C_n + C_p + C_d) + \Pi \cdot (t_n Q_n + t_{tr} Q_p + t_d Q_d) + (C_{бск} + C_{прбск}) + (C_{сс} + C_{прсс})} \quad (28)$$

Чем больше значение  $K_{И_кс}$  тем менее экономична применяемая на предприятии система ТО и Р.

Целевую функцию для оптимизации системы ТО и Р можно представить формулой (29):

$$K_{пi} + K_{иi} \rightarrow \min \quad (29)$$

Зависимости значений коэффициентов (параметрического и издержек) от различного количества контролируемых элементов в системе диагностирования определяются по формулам (5), (26) и отражают графики рис. 3.

Для транспортных средств (включая грузовые автомобили, автобусы и коммерческие автомобили), работающих в идентичных условиях эксплуатации целесообразно использовать индивидуальные (сформированные с учётом особенностей транспортных средств) системы (варианты систем) ТО

и Р.

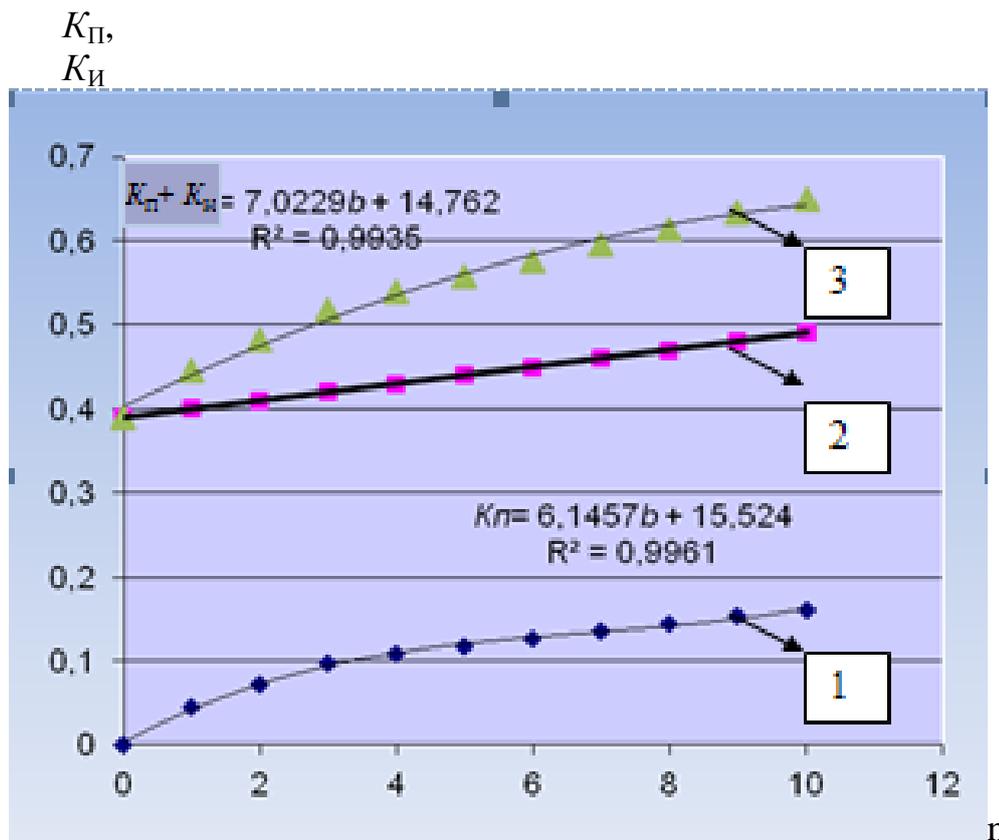


Рис. 3. Зависимость значений параметрического коэффициента  $K_{\Pi}$  и коэффициента издержек  $K_{И}$  от количества контролируемых элементов в системе диагностирования ( $n$  – количество контролируемых элементов; кривая 1 – изменение параметрического коэффициента  $K_{\Pi}$ ; кривая 2 – изменение коэффициента издержек  $K_{И}$ ; кривая 3 – изменение суммы параметрического коэффициента  $K_{\Pi}$  и коэффициента издержек  $K_{И}$ ).

При создании вариантов систем ТО и Р должны соблюдаться основополагающие принципы: увеличение интервала ТО и Р; повышение эксплуатационной надежности; совершенствование учета доходов и расходов; применение бортовых либо встроенных систем контроля работы автомобиля.

Проведение перечисленных и других технических и организационных мероприятий способствует повышению производительности труда при выполнении технических обслуживаний и ремонтов подвижного состава, обеспечивает сокращение трудовых и материальных затрат.

Предложенные математические модели оценки эффективности систем диагностирования, технического обслуживания и ремонта автомобилей позволяют определить наиболее эффективную из применяемых систем, а с помощью параметрического коэффициента и коэффициента издержек можно осуществлять выбор одной из моделей диагностирования, ТО и Р, целесообразной для конкретного предприятия автомобильного транспорта.

**Пятый раздел** посвящен экспериментальным исследованиям систем ТО и Р.

База данных об отказах грузовых автомобилей КАМАЗ при их эксплуатации в различных условиях была сформирована по результатам анализа информации, предоставленной ООО «Интеграл-П» и ООО «Опора+» (г. Пенза), ФГУП «УДС № 5 при Спецстрое России» (г. Рязань).

Целью проведения экспериментальных исследований было выявление наименее надежных элементов автомобилей, определение их среднего ресурса в эксплуатации и разработка мероприятий по предотвращению отказов.

В целях практической апробации предложенной бортовой системы диагностирования и комбинированной системы технического обслуживания и ремонта были проведены экспериментальные исследования и сравнительный анализ статистической информации для планово-предупредительной и комбинированной системы ТО и Р транспортных средств.

В соответствии с этой моделью первоначально выполняли отбор и объектов исследования и их обоснование, выбор объема экспериментальных исследований и определение порядка выполнения эксперимента.

Объем выборки определялся по ГОСТ 27.502 в зависимости от закона распределения пробега до выхода из строя составных частей автомобилей, вида относительной ошибки и доверительной вероятности.

Установлены наиболее уязвимые агрегаты (двигатель и трансмиссия), по которым происходит отказ, определены в результате проведения эксперимента. Перечень элементов, наиболее часто выходящих из строя (в двигателе - топливная система: плунжерная пара топливного насоса высокого давления (6,7 %), пружина толкателя нагнетательного клапана (12,4 %), трубопровод высокого давления, пружина форсунки (11,2 %) и игла форсунки (11,9 %); в трансмиссии - коробка перемены передач (картер и подшипники (43,18 %), шестерни, валы и синхронизатор (40,90%)) и главная передача (картер и его детали, подшипники - (54,13 %), валы, шестерни (36,09%)). Установлены удельные затраты на производство: ТО - 57,8 руб./1000 км; Р - 38,6 руб./1000 км; прочие - 6,3 руб./1000 км.

На основе полученных данных определена необходимая периодичность контроля по пробегу для элементов топливной системы дизеля КАМАЗ (80 тыс. км.), для трансмиссии (подшипники, шестерни, валы) - 110 тыс. км.

Оценка затрат, связанных с ТО и Р транспортных средств, подтвердила эффективность применения комбинированной системы ТО и Р автомобилей (рис. 4).

Для комбинированной системы ТО и Р (по сравнению с планово-предупредительной системой) происходит рост наработки на отказ на 13,7 %, и снижение затрат на ТО и Р на 16,3%.

Изменение удельных затрат на 1000 км. пробега  $C_y$ , а также изменение эффективности эксплуатации  $\Delta$  в зависимости от используемой системы ТО и Р (а также от стоимости одного часа простоя  $C_{пр}$  и от часовой тарифной ставки  $C_T$ ) приведены на рис. 5 и рис. 6.

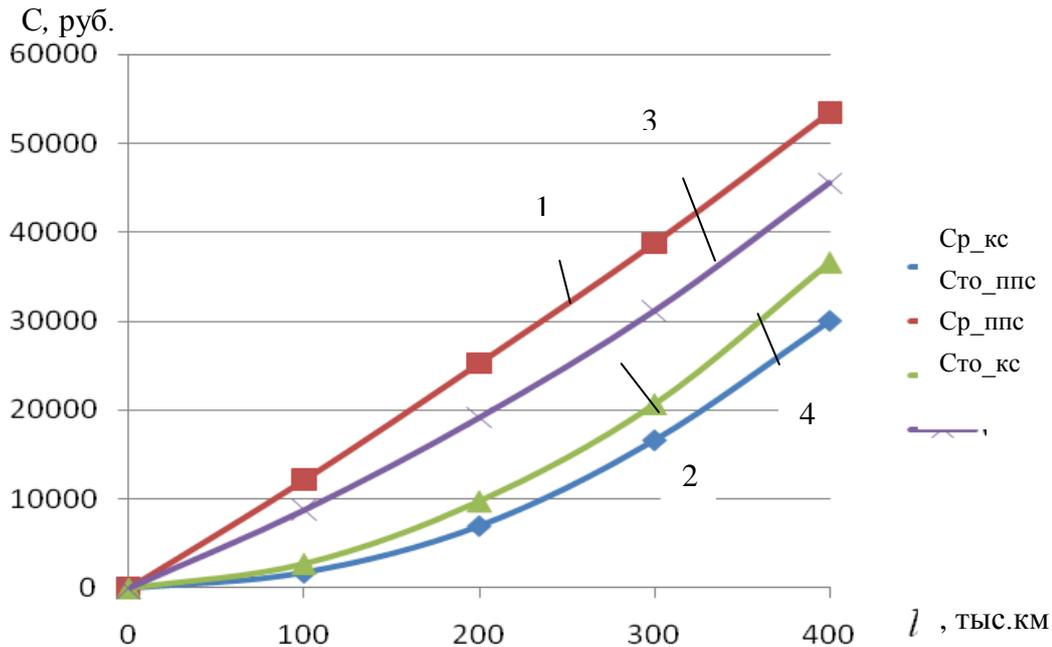


Рис. 4. Затраты  $C$  на техническое обслуживание и ремонт в зависимости от пробега  $l$ : до введения комбинированной системы 1 – на техническое обслуживание (Сто\_ппс, руб.), 2 – на ремонт (Ср\_ппс, руб.); после введения комбинированной системы на предприятии 3 – на техническое обслуживание (Сто\_кс, руб.), 4 – на ремонт (Ср\_кс, руб.)

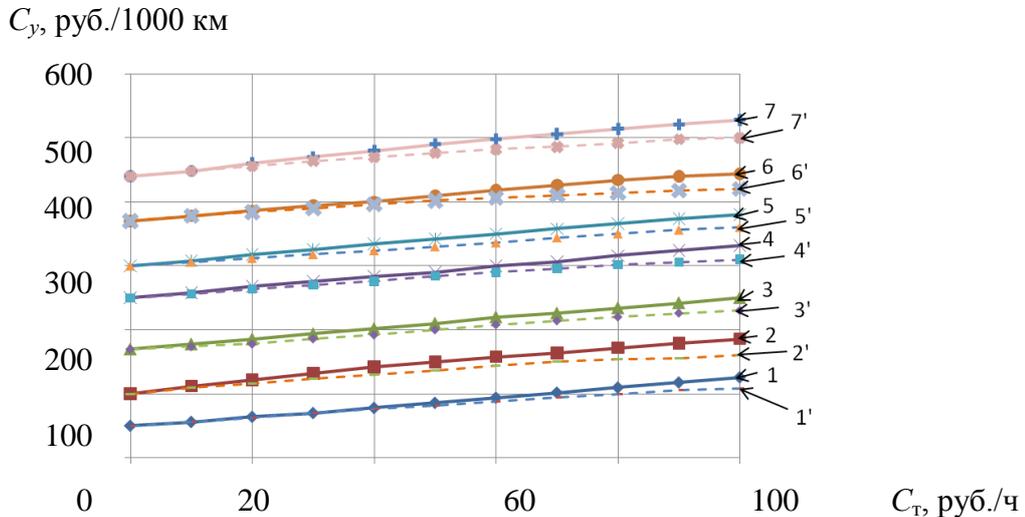


Рис. 5. Изменение затрат для ППС и КС в зависимости от часовой тарифной ставки  $C_T$  руб./ч. и затрат на один час простоя  $C_{пр}$  (1, 1' – 0; 2, 2' – 200; 3, 3' – 400; 4, 4' – 600; 5, 5' – 800; 6, 6' – 1000; 7, 7' – 1200): — — для ППС; - - - - для КС

Алгоритмы работы бортовых систем диагностирования двигателя и трансмиссии на основе бортовой системы контроля определения неисправностей представлены на рис. 7,8.

Э, руб./1000 км

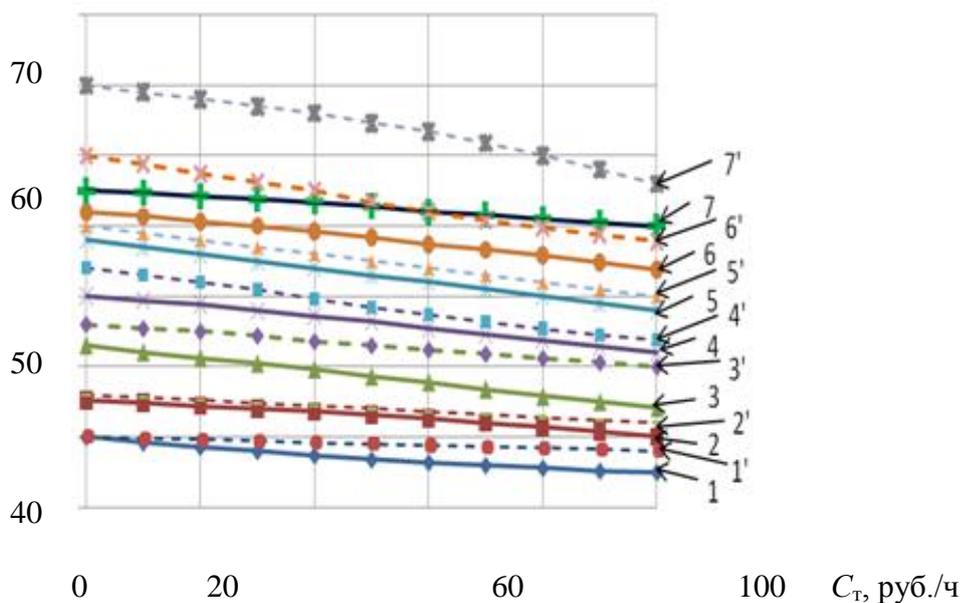


Рис. 6. Эффективность систем ТО и Р в зависимости от тарифной ставки  $C_T$ , а также затрат на один час простоя автомобиля для  $C_{пр}$ : 1, 1' – 0; 2, 2' – 200; 3, 3' – 400; 4, 4' – 600; 5, 5' – 800; 6, 6' – 1000; 7, 7' – 1200;  
——— до введения комбинированной системы ТО и Р;  
---- после введения комбинированной системы ТО и Р

Эффективность Э комбинированной системы ТО и Р уменьшается с увеличением  $C_T$  рабочего и возрастает с увеличением стоимости часа эксплуатации автомобиля. Применение бортовой системы контроля и комбинированной системы ТО и Р приводит к снижению затрат на обслуживание, независимо от стоимости одного часа простоя.

**Шестой раздел** посвящен реализации концепции построения системы ТО и Р, основанной на использовании предлагаемых бортовой системы диагностирования и комбинированной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей, а также оценке экономического эффекта от внедрения.

Разработанное оборудование, программное обеспечение и алгоритмы являются составными частями систем диагностирования, ТО и ТР автомобилей.

Разработанные системы технического диагностирования двигателя и трансмиссии (рис. 9, 10) могут в зависимости от условий их использования выполняться в двух вариантах: а) в виде переносного прибора; б) в виде бортовой системы контроля.

Наиболее приемлемой может считаться система диагностирования, при которой будут стремиться к минимуму затраты на приобретение оборудования, а также на техническое обслуживание и ремонт автомобилей.

Состояние автомобилей зависит от организации, технологии и качества выполнения работ при диагностировании, техническом обслуживании и

ремонте. В связи с возможностью определения неисправности без разборки, при регулярном диагностировании они выявляются до наступления отказа, что позволяет планировать устранение неисправности, предотвращает прогрессирующее изнашивание деталей и снижает общие расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт.

Повышение эффективности функционирования подвижного состава автотранспортного предприятия, обеспечивается своевременным техническим обслуживанием и ремонтом, осуществляемыми по результатам диагностирования автомобилей. Использование бортового диагностирования, приводящего к вариации периодичности обслуживания, а также прогнозирование технического состояния позволяет перегруппировывать операции ТО и ТР элементов автомобиля и составлять уточненные перечни операций каждого обслуживания. При этом используемая в настоящее время планово-предупредительная система ТО теряет свою актуальность.



Рис. 7. Алгоритм работы бортовой системы диагностирования двигателя

Автоматизированное определение перечней и периодичностей ступеней ТО и ТР основано на обработке текущих значений параметров технического состояния элементов автомобиля, сопоставлении их с допустимыми значениями параметров и получении на этой основе общей информации о техническом состоянии автомобиля.

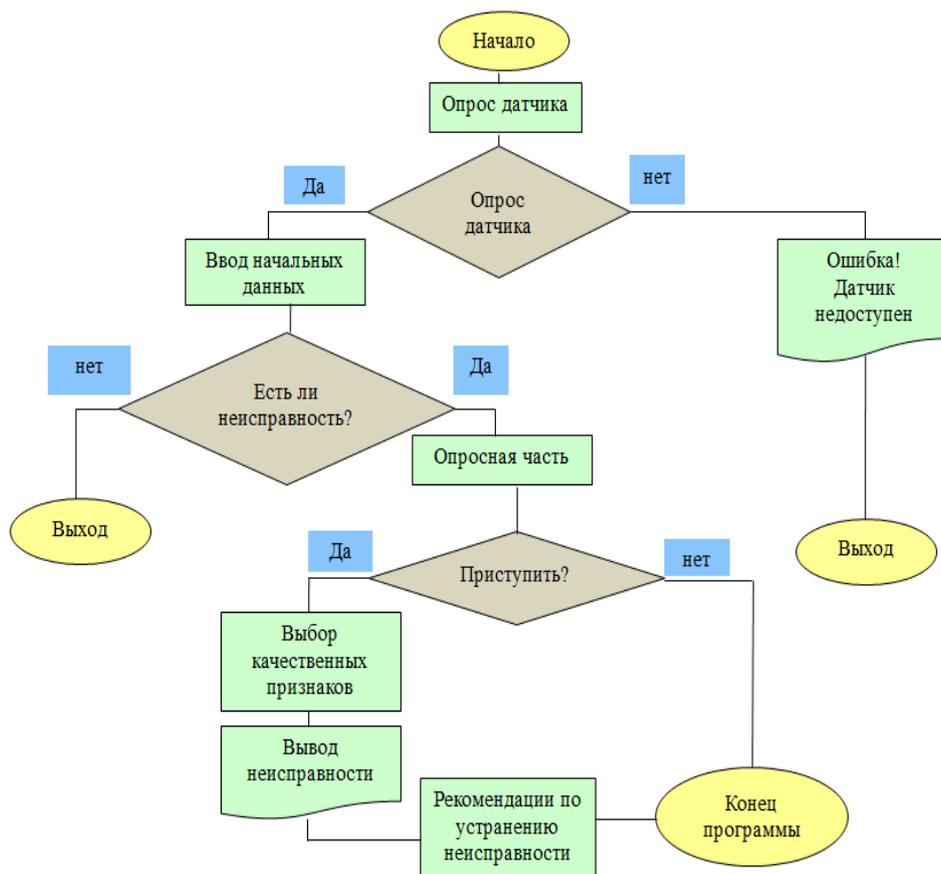


Рис. 8. Алгоритм работы бортовой системы диагностирования трансмиссии

Оптимальные интервалы периодичности выбираются с учетом зависимости вероятности безотказной работы автомобилей от периодичности ТО, при этом следует исходить из условия, что вероятность безотказной работы будет близка к единице для элементов автомобилей, подвергающихся бортовому диагностированию. Соответственно периодичность обслуживания при бортовом диагностировании автомобилей будет величиной переменной.



Рис. 9. Бортовая система контроля двигателя



Рис. 10. Бортовая система контроля трансмиссии

При достижении предельного состояния элементами, обеспечивающими дорожную, экологическую безопасность или экономичность автомобиля, автомобиль следует направлять на ТО или ТР (операции  $O_1, O_2, O_3, \dots$  (рис. 11) в моменты наработки  $l_1, l_2, l_3, \dots$ . Одновременно с этим нужно произвести определение операций ТО и ТР элементов, у которых прогнозируемый период достижения предельного состояния не превышает заданного допуска (операции  $O_{11}, O_{12}, \dots$ ) и сгруппировать с операциями  $O_1, O_2, O_3, \dots$ .

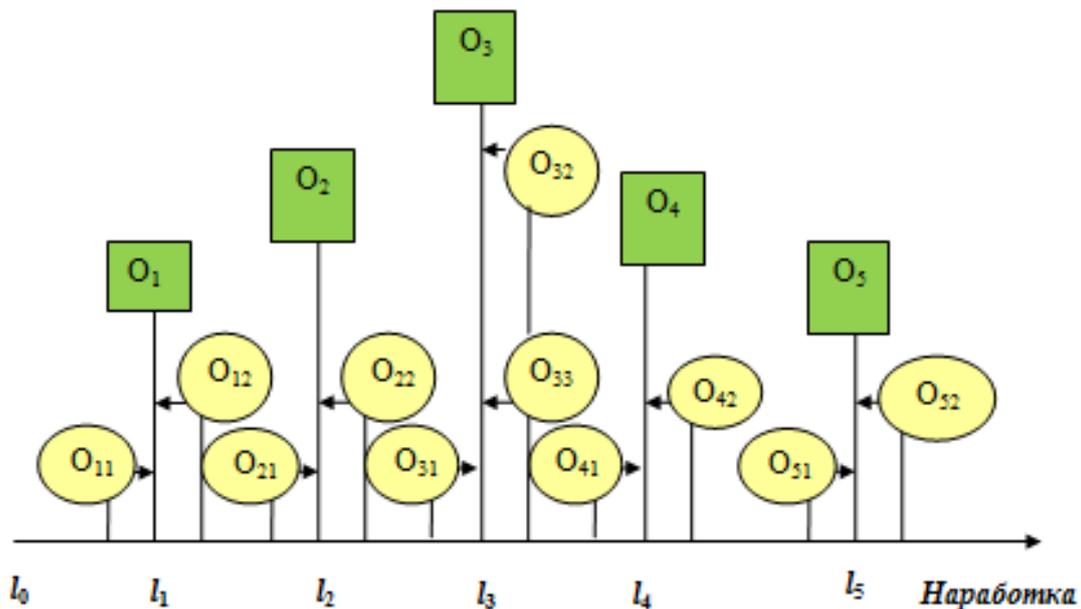


Рис. 11. Схема формирования ступеней ТО:  $O_1, O_2, \dots$  - операции, отвечающие за безопасность движения, наиболее трудоемкие или имеющие значительную стоимость, определенные встроенным диагностированием;  $O_{11}, O_{12}, \dots$  - операции, определенные встроенным диагностированием, имеющие прогнозируемый период достижения предельного состояния, не превышающий заданного допуска  $O_1, O_2, \dots$ ;  $l_1, l_2, \dots$  - периодичность перечней операций, определенных бортовым диагностированием

Группировка производится с использованием элементов



рекомендации по устранению отказов и неисправностей.

Информация, полученная от бортовой системы диагностирования, обрабатывается с помощью расчётно-аналитического блока, состоящего из сигнализатора состояния автомобиля и программы оптимизации периода направления автомобиля на ТО и ТР. Эти сведения являются основанием для своевременного принятия решений о проведении технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей.

В программу вводятся значения с первичных преобразователей бортовой системы диагностирования, установленных на автомобиле. Эти значения записываются в базу данных для получения информации об изменении технического состояния автомобиля.

После автоматизированного прогнозирования и корректировки наработки до ТО (экранное окно программы на рис. 13), согласно предлагаемому алгоритму (рис. 14) анализируется вся информация о предшествующих отказу состояниях элементов автомобилей на предприятии и определяются количественные показатели трудоемкости ТО, ТР, постов и рабочих (рис. 15).

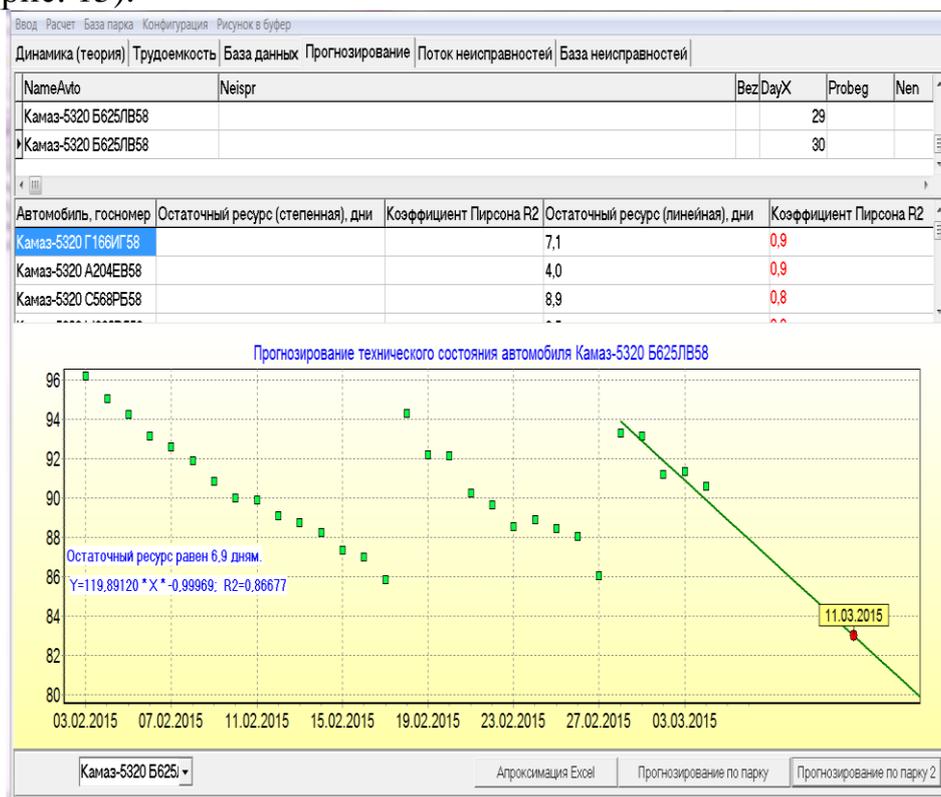


Рис. 13. Прогнозирование технического состояния автомобилей

Автомобили в зависимости от вида выполняемых операций группируются по постам зон ТО и ТР. Программа подсчитывает количество автомобилей на один пост зоны ТО или ТР и определяет трудоемкость каждой операции по каждому автомобилю.

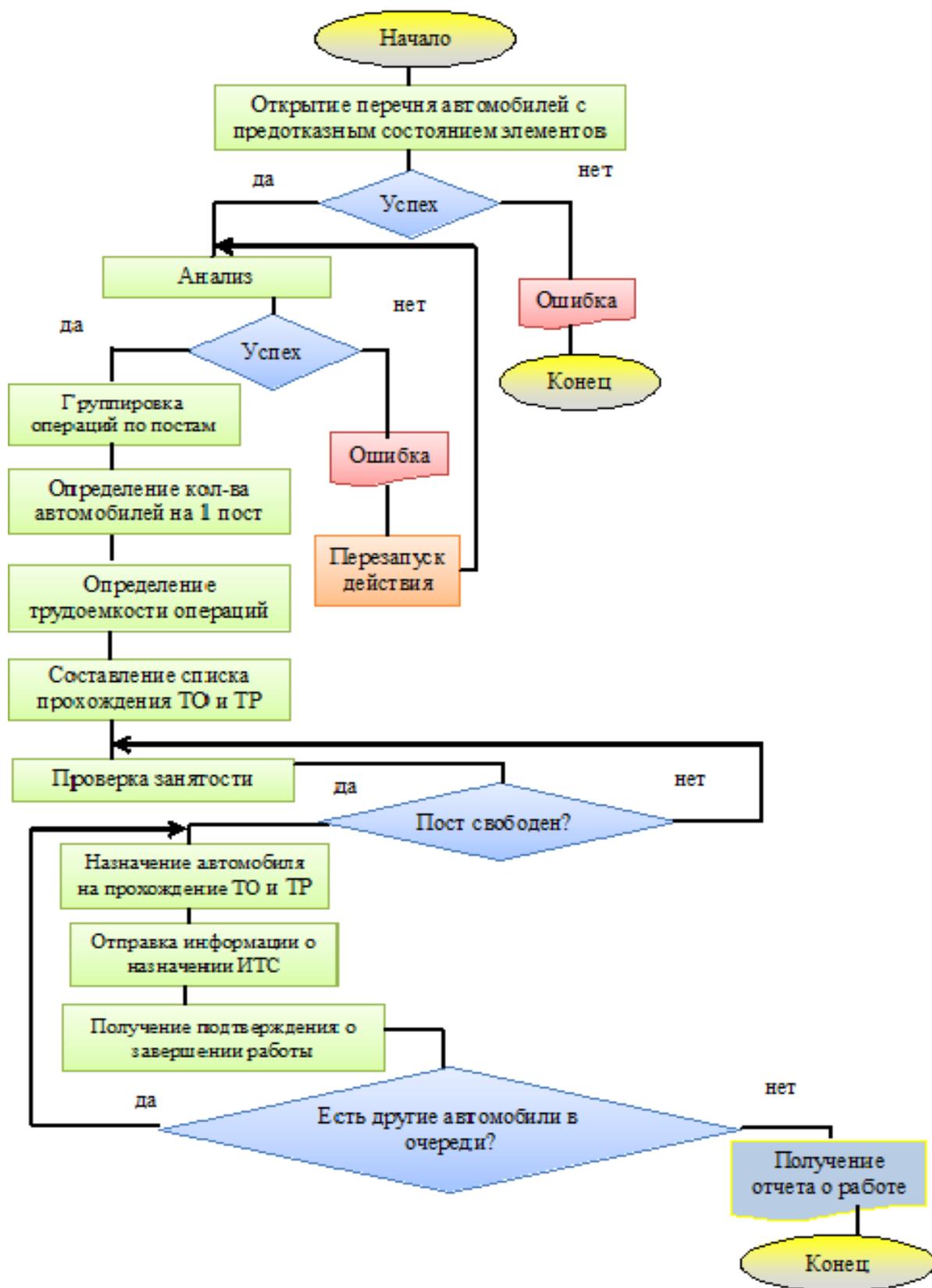


Рис. 14. Алгоритм программы планирования ТО и ТР

Затем составляется порядок прохождения ТО и ТР, начиная с автомобиля, у которого выявлено предшествующее отказу состояние узла, агрегата или системы, влияющих на дорожную или экологическую безопасность, либо у которого прогнозируемая наработка до отказа минимальна. Диспетчером проверяется информация о занятости постов и участков ТО и ТР. Если необходимый пост или участок свободен, то первый из списка автомобиль назначается на прохождение ТО. Данная информация доводится до инженерно-технической службы, которая информирует обслуживающий персонал зон ТО и ТР о необходимости выполнения определённого перечня работ.

Предложенные модели управления поиском неисправностей и ТО и Р автомобилей, на основе бортового контроля позволяют определить оптимальное время постановки автомобиля на обслуживание или текущий ремонт, объединить операции ТО и ТР в группы; определить трудоемкости ремонтно-обслуживающих работ, количество постов, что облегчит оперативное планирование и управление ТО и ТР автомобилей, увеличит уровень эксплуатационной надежности, снизит материальные и трудовые затраты на проведение ТО и Р автомобилей.

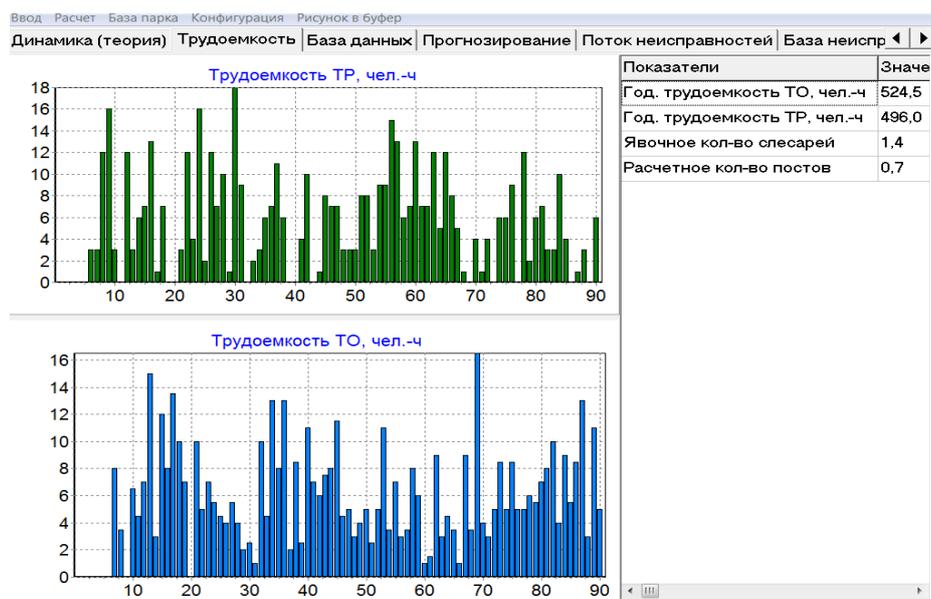


Рис. 15. Объемы работ по ТО и ТР в рассматриваемом периоде эксплуатации автомобилей

Внедрение результатов работы осуществлено в производственном объединении автомобильного транспорта ФГУП «УДС № 5» (г. Рязань), в ООО «РБА-Пенза» (г. Пенза), ООО «Опора+» (г. Пенза), ООО «Интеграл-П» (г. Пенза). Экономический эффект от использования разработанной комбинированной системы ТО и ТР автомобилей составляет 27238 руб. на один автомобиль в год.

В заключение диссертации приводятся основные результаты и выводы выполненного исследования и перспективы дальнейшей разработки темы.

## Основные результаты и выводы

1. На основе разработанных теоретических положений, математических и имитационных моделей, технических, технологических и организационных предложений решена научная проблема по совершенствованию системы ТО и Р, впервые предложены новые методы оценки технического состояния, ТО и ТР автомобилей и диагностики, внедрение которых приводит к снижению затрат на 16,3 %.

2. Обоснованы концептуальные положения поддержания работоспособности автомобильных двигателей и трансмиссии с помощью применения бортовой диагностики и построения комбинированной системы технического обслуживания и ремонта, создающий в структуре эксплуатационного цикла автомобиля условия для полного использования ресурса элементов автомобиля и предотвращения преждевременных отказов за счёт развития системы бортовой диагностики, методов поиска неисправностей и системы ТО и Р.

3. На основе математических моделей предложен метод комбинированного поиска неисправностей автомобилей с использованием бортового диагностирования, прогнозирования технического состояния, управления техническим состоянием и определения интервалов профилактических воздействий на автомобиль, который обеспечивает повышение эффективности эксплуатации за счет предупреждения и снижения количества отказов и совершенствования процессов технического обслуживания и ремонта.

4. Разработан научный подход, использующий предложенную модель прогнозирования изменения технического состояния транспортных средств, что обеспечивает рост надежности при эксплуатации автомобилей, приводящий к более полной реализации пробега и его росту для топливной системы более чем на 13,7 %.

5. Значимым научным результатом является разработка теории выбора математических моделей систем диагностирования, ТО и Р автомобилей на основе комбинации методов поиска неисправностей, что приводит к уменьшению количества контролируемых элементов систем диагностирования, а разработанный метод поиска неисправностей на основе бортовой диагностики позволяет повысить среднюю наработку грузовых автомобилей на отказ на 12,6 %.

6. Научно обоснованы модели оценки эффективности структуры систем диагностирования, ТО и Р автомобилей, результатом чего является разработка теории выбора систем диагностирования, ТО и ТР автомобилей на основе анализа издержек, что поможет определить наиболее эффективную систему диагностирования, ТО и ТР.

7. Предложены алгоритмы эффективных систем диагностирования, ТО и ТР автомобилей, позволяющие сократить простои более чем на 12 % по двигателю, и трансмиссии.

8. В части практической реализации результатов исследований:

- разработанный комплекс бортовой диагностики, интегрированный в предложенную комбинированную систему ТО и Р грузовых автомобилей, алгоритмы диагностирования и автоматизированного управления оценкой технического состояния автомобилей позволяют улучшить управляемость технологическими процессами ТО и ТР, что улучшает планирование ТО парка автомобилей, снижает расходы на проведение ТО и ТР на 16,7% .

- совокупность полученных результатов и выводов, разработанных математических моделей позволили создать научно обоснованный инструментарий выбора варианта системы ТО и Р автомобилей на основе комбинации методов определения неисправностей, что обеспечивает экономический эффект 27238 рублей в год на один автомобиль (подтверждено справками о внедрении в производственных и образовательных организациях).

9. Развитие разработанных положений и методов предполагается в направлении совершенствования системы ТО и Р автомобилей с бензиновыми и альтернативными двигателями, поиска новых и применения предложенных методов для различных транспортных средств.

**Основные положения диссертации и полученные результаты опубликованы:**

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

1. Лянденбургский, В.В. Сигнализатор технического состояния автомобилей на автотранспортном предприятии / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, А.С. Иванов, Д.А. Симанчев // Мир транспорта и технологических машин. – 2010. – № 4. – С. 20-26.

2. Лянденбургский, В.В. Эффективность применения систем диагностирования и саморегулирования при эксплуатации автомобилей / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 1. – С. 51-56.

3. Лянденбургский, В.В. Анализ неисправностей топливных систем дизельных автомобилей. / С.А. Кривобок, В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 3. – С. 3-11.

4. Лянденбургский, В.В. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей. / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков, С.А. Кривобок // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 4. – С. 3-9.

5. Лянденбургский, В.В. Сигнализатор уровня энергосбережения на автотранспортном предприятии / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, А.С. Иванов, Тарасов А.И. // Автотранспортное предприятие – 2011. – № 7. – С. 28-32.

6. Лянденбургский, В.В. Виртуальный комплекс автодиагностики / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, А.С. Иванов, Е.В. Кравченко // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 1. – С. 19-25.

7. Лянденбургский, В.В. Встроенная система диагностирования автомобилей с дизельным двигателем / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, С.А. Кривобок // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 11. – С. 45-48.

8. Лянденбургский В.В. Динамичная система технического обслуживания автомобилей / В.В. Лянденбургский, А.В. Федосков, П.А. Мнекин // Грузовик. – 2012. – № 8. – С. 16-19.

9. Лянденбургский, В.В. Совершенствование встроенной системы диагностирования автомобилей КАМАЗ-4308 с двигателем CUMMINS / В.В.

Лянденбургский, С.А. Кривобок, Л.А. Рыбакова // Грузовик. – 2013. – № 7. – С. 26-27.

10. Лянденбургский, В.В. Встроенная система диагностирования автомобиля / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, М.В. Нефедов // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 10. – С. 43-47.

11. Лянденбургский, В.В. Совершенствование процесса диагностирования топливной системы дизельного двигателя / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов, Е.В. Кравченко // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 3. – С. 57-61.

12. Лянденбургский, В.В. Виртуальное диагностирование топливной системы дизельного двигателя / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов, Ю.В. Родионов, Е.В. Кравченко // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 4 (39). – С. 3-8.

13. Лянденбургский, В.В. Морфологический анализ методов поиска неисправностей транспортных средств / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, С.А. Кривобок, П.А. Мнекин // Интернет-журнал Науковедение. – 2012. – № 4 (13). – С. 84.

14. Лянденбургский, В.В. Программа поиска неисправностей дизельных двигателей. / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, С.А. Кривобок // Контроль. Диагностика. – 2012. – № 8. – С. 28-33.

15. Лянденбургский, В.В. Совершенствование датчиков давления топлива дизельных двигателей / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, Д.А. Коломеец // Науковедение: Интернет-журнал. – 2013. – № 1. – С. 28-39.

16. Лянденбургский, В.В. Вероятностный подход к определению вероятностно-логического коэффициента поиска неисправностей автомобилей / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, А.И. Тарасов, И.Е. Долганов // Вестник Таджикского технического университета. – 2013. – № 1 (21). – С. 57-60.

17. Лянденбургский, В.В. Логический подход к определению вероятностно-логического коэффициента поиска неисправностей автомобилей / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, Р.Р. Сейфетдинов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 5. – С. 194-198.

18. Лянденбургский, В.В. Анализ удельных затрат и эффективности применения вероятностно-логического метода поиска неисправностей для автомобилей КАМАЗ / В.В. Лянденбургский, Л.А. Долганов // Мир транспорта и технологических машин.– 2013. – №3. – С. 3-8.

19. Лянденбургский, В.В. Анализ первичных неисправностей топливной аппаратуры дизелей. / В.В. Лянденбургский, С.А. Кривобок, И.В. Кучин // Мир транспорта и технологических машин. –2013. – №4. – С. 21-27.

20. Лянденбургский, В.В. Коэффициент издержек вероятностно-логического метода поиска неисправностей / В.В. Лянденбургский, А.И. Проскурин, Л.А. Рыбакова // Науковедение. – 2013. – №3. – С. 1-7.

21. Лянденбургский, В.В. Анализ времени простоя по ТНВД при применении вероятностно-логического метода поиска неисправностей для автомобилей КАМАЗ / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, И.В. Кучин // Мир транспорта и технологических машин. – 2014. – № 1. – С. 3-10.

22. Лянденбургский, В.В. Анализ времени простоя по форсункам при применении вероятностно-логического метода поиска неисправностей для автомобилей КАМАЗ / В.В. Лянденбургский, Е.О. Кулаков, Э.К. Моряков // Науковедение. – 2014. – №1. – С. 1-11.

23. Лянденбургский, В.В. Морфологический анализ методов определения периодичности технического обслуживания автомобилей / В.В. Лянденбургский, А.В. Грачев, Л.А. Рыбакова // Науковедение. – 2014. – №3. – С. 1-11.

24. Лянденбургский, В.В. Морфологический анализ методов группировки операций технического обслуживания автомобилей / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, Л.А. Рыбакова // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 6. – С. 28-32.

25. Лянденбургский, В.В. Тактика технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей на основе встроенного диагностирования / А.С. Иванов, В.В. Лянденбургский, Л.А. Рыбакова // Нива Поволжья. – 2014. – № 8. – С. 56-62.
26. Лянденбургский, В.В. Встроенная система диагностирования коробки передач автомобилей / В.В. Лянденбургский, М.В. Нефедов, В.Н. Боровков // Науковедение. – 2014. – № 5. – С. 1-11.
27. Лянденбургский, В.В. Анализ снижения трудоемкости динамичной системы технического обслуживания автомобилей / В.В. Лянденбургский, Л.А. Рыбакова, В.В. Судьев // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2014. – № 6 – <http://naukovedenie.ru/PDF/25TVN614.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/25TVN614
28. Лянденбургский, В.В. Встроенная система диагностирования сцепления грузовых автомобилей / В.В. Лянденбургский, М.В. Нефедов, И.В. Кучин // Грузовик. – 2015 - №1. - С. 33-38.
29. Лянденбургский, В.В. Анализ времени простоя по коробкам передач автомобилей КАМАЗ / В.В. Лянденбургский, М.В. Нефедов, В.Н. Боровков, В.В. Судьев // Научное обозрение. – 2014. – №12. – С. 753-759.
30. Лянденбургский, В.В. Макетный образец встроенной системы диагностирования / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов, В.В. Судьев // Науковедение. – 2015 – №1. – С. 10.
31. Лянденбургский, В.В. Программа поиска неисправностей дизелей мобильной техники / В.В. Лянденбургский А.С. Иванов, А.И. Тарасов, М.В. Нефедов, В.В. Судьев // Научное обозрение. – 2015. – №8. – С. 208-214.
32. Лянденбургский, В.В. Встроенная система диагностирования турбокомпрессоров дизелей / В.В. Лянденбургский, А.П. Иншаков, И.И. Курбаков, А.Н. Кувшинов, В.В. Судьев // Науковедение. – 2015 – Том. 7. – №4. – С. 16.
33. Лянденбургский, В.В. Программа технического обслуживания и текущего ремонта на основе встроенного диагностирования / А.И. Иванов, В.В. Лянденбургский, Л.А. Рыбакова // Научное обозрение. – 2015. – №7. – С. 133-139.
34. Лянденбургский, В.В. Совершенствование встроенной системы диагностирования сцепления грузовых автомобилей / В.В. Лянденбургский, М.В. Нефедов, И.В. Кучин // Грузовик. – 2015 – №8. – С. 8-10.
35. Лянденбургский, В.В. Встроенное линейное прогнозирование технического состояния автомобилей / В.В. Лянденбургский // Научное обозрение. – 2015. – №7. – С. 753-759.
36. Лянденбургский, В.В. Коэффициент издержек динамичной системы технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. / В.В. Лянденбургский // Мир транспорта и технологических машин. – 2015. – № 2. – С. 18-24.
37. Лянденбургский, В.В. Макетный образец встроенной системы диагностирования трансмиссии автомобиля / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, И.Е. Долганов // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 2. – С. 43-47.
38. Лянденбургский, В.В. Экспертная система контроля технического состояния автомобилей / А.Д. Шумилин, В.В. Лянденбургский, М.К. Капунова, В.В. Ивахин, И.С. Моисеев // Научное обозрение. – 2016. – № 4. – С. 85-89.
39. Лянденбургский, В.В. Встроенная система диагностирования конденсаторно-тиристорного модуля зажигания / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов, Ю.В. Родионов, В.А. Шилин // Инновационная техника и технология. – 2016. – № 4 (9). – С. 14-19.
40. Лянденбургский, В.В. Выбор интервалов профилактики технического состояния автомобилей / В.В. Лянденбургский // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – № 2. – С. 3-10.
41. Лянденбургский, В.В. Контроль электрооборудования автомобилей

встроенным вероятностно-логическим методом поиска неисправностей / В.В. Лянденбургский, М.В. Нефедов, А.В. Лонцакова // Бюллетень транспортной информации. 2017. № 5 (263). С. 30-34.

42. Лянденбургский, В.В. Технология бортового диагностирования систем газотурбинного наддува дизелей / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, А.А. Нестеров // Грузовик. – 2017. – № 12. – С. 36-39.

43. Лянденбургский, В.В. Ходовые испытания автоматической коробки передач / В.В. Лянденбургский, П.М. Экимов, // Бюллетень транспортной информации. – 2018. – № 1. – С. 21-24.

44. Лянденбургский, В.В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей с бортовым диагностированием / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов // Мир транспорта и технологических машин. – 2018. – № 3 (62). – С. 27-33.

45. Лянденбургский, В.В. Бортовая система диагностирования автоматических муфт опережения впрыскивания топлива дизелей / В.В. Лянденбургский, О.А. Молчан // Грузовик. – 2019. – № 9. – С. 3-6.

#### **Статьи в журналах, индексируемых международными системами цитирования Scopus и WoS**

46. Лянденбургский, В.В. Анализ времени простоя по главной передаче автомобилей КАМАЗ при применении динамичной системы технического обслуживания и текущего ремонта / В.В. Лянденбургский, М.В. Нефедов, В.Н. Боровков // Современные технические науки. – 2015, – № 8, вып. 4. – С. 179-184.

47. Лянденбургский, В.В. Анализ неисправностей главной передачи автомобилей КАМАЗ. / В.В. Лянденбургский, М.В. Нефедов, А.И. Тарасов, В.В. Коновалов, В.Н. Боровков // Современные технические науки. – 2015. – № 8, вып. 7. – С. 329-333.

48. Лянденбургский, В.В. Встроенное прогнозирование изменения технического состояния мобильной техники. / В.В. Лянденбургский, А.И. Иванов, Л.А. Рыбакова // Современные технические науки. – 2015, – № 8, вып. 9. – С. 355-359.

49. Лянденбургский, В.В. Коэффициент определения рациональных методов и стратегий технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей. / В.В. Лянденбургский // Ponte Academic Journal. – 2016, – № 5, том. 73. – С. 49-55.

50. Лянденбургский, В.В. Формирование рациональной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей/ В.В. Лянденбургский, В.А. Корчагин // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – Т. 12. – № S10. – С. 8968-8977.

51. Лянденбургский, В.В. Обучающая программа диагностирования дизельного двигателя / А.С. Иванов, В.В. Коновалов, В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, Ю.А. Захаров // E3S Web of Conferences. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPАСЕЕ 2020. – С. 12009.

#### **Патенты РФ и свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ**

52. Лянденбургский, В.В. Сигнализатор уровня энергосбережения на автотранспортном предприятии / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов, М.В. Нефедов // Свидетельство государственной регистрации для ЭВМ. Заявка № 2014660916. от 10.05.2014. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 17.10.2014.

53. Лянденбургский, В.В. Сигнализатор технического состояния автомобилей / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов, Л.А. Рыбакова // Свидетельство для государственной регистрации для ЭВМ. Заявка № 2014660917. от 10.05.2014. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 17.10.2014.

54. Лянденбургский, В.В. Виртуальное диагностирование топливной системы двигателя. / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов, Е.В. Кравченко // Свидетельство

государственной регистрации для ЭВМ. Заявка № 2014660918 от 10.05.2014. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 17.10.2014.

55. Лянденбургский, В.В. Тактика / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов // Свидетельство государственной регистрации для ЭВМ. Заявка № 2014662174. от 07.05.2018. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 27.09.2018.

56. Лянденбургский, В.В. Дизель-диагностика. / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов // Свидетельство государственной регистрации для ЭВМ. Заявка № 2018662175 от 07.05.2018. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 27.09.2018.

### **Монографии**

57. Лянденбургский, В.В. Средства для диагностирования топливной аппаратуры автомобилей с дизельными двигателями: моногр. / В.В. Лянденбургский. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 298 с.

58. Лянденбургский, В.В. Совершенствование компьютерного обеспечения технической эксплуатации автомобилей: моногр. / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 398 с.

59. Лянденбургский, В.В. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей: монография / В.В. Лянденбургский, А.И. Тарасов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 220 с.

60. Лянденбургский, В.В. Анализ и перспективы встроенных средств диагностирования автомобилей: моногр. / В.В. Лянденбургский, Г.И. Шаронов, М.В. Нефедов. – lap-lambert-academic-publishing, 2014. – 308 с.

61. Лянденбургский, В.В. Совершенствование технического обслуживания и ремонта автомобилей на основе инновационных методов диагностирования: моногр. / В.В. Лянденбургский. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 200 с.

62. Лянденбургский, В.В. Совершенствование диагностирования турбокомпрессоров двигателей мобильной техники: моногр. / В.В. Лянденбургский, А.П. Иншаков, И.И. Курбаков. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 192 с.

63. Лянденбургский, В.В. Совершенствование диагностирования газотурбинного наддува мобильной техники: моногр. / В.В. Лянденбургский, А.П. Иншаков, А.Н. Кувшинов. – М., 2017. – 176 с.

64. Лянденбургский, В.В. Технологии контроля технического состояния автомобилей: моногр. / В.В. Лянденбургский, З.А. Золотова, И.С. Моисеев, М.В. Нефедов – Пенза: ПГУАС, 2019. – 168 с.

65. Лянденбургский, В.В. Совершенствование программного обеспечения диагностирования, технического обслуживания и ремонта дизельных двигателей: моногр. / В.В. Лянденбургский, А.С. Иванов – Пенза: ПГУАС, 2019. – 188 с.

**ЛЯНДЕНБУРСКИЙ ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ**

**НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ГРУЗОВЫХ  
АВТОМОБИЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ БОРТОВОЙ ДИАГНОСТИКИ**

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Подписано в печать 16.03.2022 г. Формат 60x84 1/16 Бумага офсетная. Ризография.  
Объем 2,0 п.л. Тираж 120 экз. Заказ №\_\_\_\_. Издательство Пензенского государственного  
университета архитектуры и строительства, 440028 г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.