

*На правах рукописи*



**КОЗИН Евгений Сергеевич**

**АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ  
АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АВТОМОБИЛЬНОГО  
ТРАНСПОРТА**

Специальность 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
доктора технических наук

Орёл – 2025

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет».

Научный консультант: **Захаров Николай Степанович,**  
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Блянкинштейн Игорь Михайлович,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», профессор кафедры технической эксплуатации транспортных средств

**Васильев Валерий Иванович,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», профессор кафедры проектирования и эксплуатации автомобилей

**Максимов Виктор Александрович,**  
доктор технических наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», профессор кафедры эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса

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

Защита состоится «18» декабря 2025г. в 11:00 на заседании объединенного диссертационного совета 99.2.032.03 на базе ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» по адресу: г. Орёл, ул. Московская, д.77, ауд. 426.

С диссертацией можно ознакомиться на официальном сайте ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и в фундаментальной библиотеке по адресу: 302028, г. Орёл, пл. Каменская, д.1.

Автореферат разослан «\_\_» 2025 г. Объявление о защите диссертации и автореферат диссертации размещены в сети Интернет на официальном сайте ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева» (<http://oreluniver.ru>) и на официальном сайте Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (<https://vak.gisnauka.ru/adverts-list/advert>).

*Отзывы на автореферат, заверенные печатью организации, в двух экземплярах просим направлять в диссертационной совет по адресу: 302030, г. Орёл, ул. Московская, д.77, тел. +79606476660,  
email: [srmostu@mail.ru](mailto:srmostu@mail.ru).*

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
канд. техн. наук, доцент



Васильева В.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** Предприятия автомобильного транспорта относятся к типу сложных организационных систем. Функционирование таких систем неэффективно при отсутствии четких целей, реализация которых невозможна без наличия механизмов управления, представляющих собой набор правил для принятия управленческих решений.

Вместе с этим, любая сложная организационная система не является изолированной от воздействия внешней среды. Эти воздействия корректируют, а иногда и направляют деятельность организации, являясь факторами, определяющими управленческие решения руководства. Для предприятия автомобильного транспорта основным средством получения прибыли является автомобиль. Для предприятий по оказанию транспортных услуг он выступает в качестве субъекта производственной деятельности, а для предприятий автомобильного сервиса – в качестве объекта труда.

Практически во всех типах предприятий существует служба, отвечающая за поддержание и восстановление работоспособности автомобилей – техническая служба. Это одна из подсистем предприятия автомобильного транспорта, которая может выполнять сервисную функцию по отношению к службе эксплуатации или реализовывать основной бизнес-процесс по оказанию услуг.

Входящим потоком в эту подсистему является поток требований на техническое обслуживание (ТО) и ремонт (Р) автомобилей, а исходящим – поток обслуженных заявок. Исходящий поток напрямую влияет на показатели коммерческой деятельности предприятия. Основной целью технической службы является поддержание динамического равновесия между потоками через управляющие воздействия.

Управление рассматривают как комплексный процесс, реализующий функции планирования, организации, стимулирования и контроля. Управление должно содержать механизмы адаптации производственной деятельности предприятия под изменения внешней среды, обеспечивая устойчивость системы в целом. В настоящее время в рамках управления технической эксплуатацией автомобилей эти вопросы не получили значительного развития, что приводит к значительным затратам времени и других ресурсов предприятия на поиск и внедрение эффективной стратегии управления производственными процессами ТО и ремонта, увеличивая при этом адаптационный период и усложняя процессы принятия управленческих решений.

Поэтому развитие комплексного научного подхода к управлению технической эксплуатацией автомобилей на современных предприятиях через изучение закономерностей формирования управляющих воздействий является актуальной научно-практической проблемой, ее решение существенно повысит эффективность развития предприятий автомобильного транспорта в России.

**Степень разработанности темы.** Научное обоснование управлением сложными организационными системами, в том числе на автомобильном транспорте, было заложено в трудах таких отечественных и зарубежных ученых как Кузнецов Е.С., Власов В.М., Захаров Н.С., Клейнер Б.С., Напольский Г.М., Васильев В.И., Денисов А.С., Грязнов М.В., Максимов В.А., Петров М.Б., Тахтамышев Х.М., Заяц Ю.А., Блянкинштейн И.М., Первозванский А.А., Понtringин Л.С., Юревич Е.И., Михайлов В.С., Винер Н., Эшби У.Р., Кокорев Г.Д., Парахина В. Н., Ушвицкий Л. И., Асаул А.Н., Полтерович В.М., Пиндайк Р., Рубинфельд Д., Могилевич М.В., Simon Н., Hart O.D., Tompkins J. R., Kessler Е. Н., Бурков В.Н., Новиков Д.А., Губко М.В., Мишин С.П., Коргин Н.А., Мулен Э., Месарович М., Такахара И. и других.

Имеющиеся научные результаты обладают научной и практической ценностью и послужили основой для формирования параметров системы управления технической эксплуатацией автомобилей в рамках нормативно-функционального подхода, предполагающего разработку перечня типовых организационно-производственных структур и стандартизации технологических процессов ТО и ремонта автомобилей. Однако произошедшие за последнее время изменения нормативов, отсутствие регламентации обязательного перечня и содержания технических воздействий над автомобилем, а также нестационарность и стохастичность изменения внешних факторов во времени создают потенциал для развития существующих научных методов управления организационными системами предприятий автомобильного транспорта.

**Цель исследований:** повышение эффективности технической эксплуатации автомобилей путем выявления закономерностей формирования оптимальной структуры управления технической службой предприятий автомобильного транспорта и совершенствование на этой основе нормативов технической эксплуатации.

### **Задачи исследований.**

1. Разработать концепцию формирования структуры управления технической эксплуатацией на предприятии автомобильного транспорта.
2. Определить границы и структуру системы управления технической эксплуатацией, а также разработать модель системы.
3. Выявить закономерности процессов изменения структуры управления технической эксплуатацией автомобилей.
4. Установить вид и оценить численные значения параметров математических моделей, описывающих закономерности процессов изменения структуры управления технической эксплуатацией автомобилей.
5. Разработать программное обеспечение для моделирования закономерностей изменения структуры управления технической эксплуатацией автомобилей.
6. Разработать методологию повышения эффективности работы предприятия на основе закономерностей процессов изменения структуры управления технической эксплуатацией автомобилей.
7. Разработать частные методики и оценить их эффективность.

**Объектом** исследований является система управления предприятием автомобильного транспорта, выполняющим работы по технической эксплуатации собственного парка автомобилей или парка автомобилей клиентов.

**Предметом** исследований являются закономерности формирования структуры системы управления технической эксплуатацией парка автомобилей на предприятии автомобильного транспорта.

**Гипотеза исследований:** в качестве механизмов адаптации предприятия автомобильного транспорта под изменение условий внешней среды и к изменению фактора времени следует рассматривать элементы структуры системы управления технической эксплуатации автомобилей.

**Область исследований** соответствует требованиям паспорта научной специальности 2.9.5. Эксплуатация автомобильного транспорта: п. 2. «Совершенствование планирования, организации и управления перевозками пассажиров и грузов, технического обслуживания, ремонта и сервиса автомобилей с использованием программно-целевых и логистических принципов, методов оптимизации»; п. 16. «Развитие инфраструктуры перевозочного процесса, обеспечение ее физической, информационной и социально-экономической доступности, технической эксплуатации и сервиса»; п. 17. «Развитие информационных технологий в сфере перевозок, технической эксплуатации и сервиса».

### **Научная новизна исследований.**

1. Впервые разработана концепция адаптивного управления технической эксплуатацией на предприятиях автомобильного транспорта, которая рассматривает техническую эксплуатацию автомобилей не как закрытую систему, а устанавливает структуру взаимосвязей между элементами и механизмы ее функционирования, обеспечивая тем самым динамичность отклика на изменения влияющих на нее факторов и адаптивность ее структуры к изменению основных производственных показателей во времени.

2. Установлены новые закономерности, определяющие подходы к формированию структуры системы управления технической эксплуатацией на предприятиях автомобильного транспорта:

- закономерности формирования организационно-производственных структур, которые, в отличие от существующих, позволяют определить оптимальное количество производственных зон и участков, а также количество управляющих работников, их специализацию, уровень квалификации и норму управляемости от параметров потока требований на техническое обслуживание и ремонт автомобилей;
- закономерности выбора типа базовой системы стимулирования исполнителей работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, обеспечивающие выбор наиболее эффективной модели оплаты труда для текущего уровня загрузки зон и участков;
- закономерности изменения потребности предприятий автомобильного транспорта в ресурсах по времени;

- закономерности влияния объемов продаж новых автомобилей и интенсивности обращений на ТО и ремонт на загрузку сервисной зоны;
- закономерности управления ассортиментом услуг предприятий технического сервиса;
- закономерности формирования параметров системы контроля, которые впервые устанавливают динамическую зависимость пропускной способности зоны технического сервиса от ключевых факторов организационно-управленческого характера.

3. Установлен вид математических моделей, описывающих закономерности изменения структуры управления технической эксплуатацией с применением различных типов современных моделей машинного обучения: регрессионных, нейросетевых, гармонических, кластерных, деревьев решений, что позволило формализовать процесс принятия управленческих решений и перевести его в плоскость количественной оценки.

4. Впервые в практике технологического проектирования автотранспортных предприятий использованы генетические алгоритмы, позволяющие находить рациональные параметры организационно-технологических решений при заданных ограничениях на эффективность функционирования системы и, в отличие от традиционных методов оптимизации, обеспечивающие устойчивый поиск глобального экстремума в условиях высокой неопределенности исходных данных.

5. Впервые предложено использование технологий компьютерного зрения на основе сверточных нейронных сетей для автоматизированного контроля производственных процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей в режиме реального времени, которые, в отличие от существующих систем визуального контроля, обеспечивают высокую точность идентификации операций и возможность оперативной оценки соответствия выполняемых работ технологическим картам.

6. Разработаны оригинальные алгоритмы моделирования структуры управления технической эксплуатацией на предприятии автомобильного транспорта, реализованные в комплексе имитационных моделей дискретно-событийного, агентного и системно-динамического типов, что впервые позволяет произвести исследование динамики организационных изменений и оценить влияние различных управленческих решений на эффективность функционирования системы.

7. Разработана новая методология повышения эффективности работы предприятий автомобильного транспорта, обобщающая научный подход к изменению структур управления с учетом динамических факторов на основе установленных закономерностей и реализующаяся через восемь частных методик.

**Теоретическая значимость** работы заключается в разработке методологии формирования структуры системы управления технической эксплуатацией автомобилей на предприятиях автомобильного транспорта, в основу которой положена сформированная концепция, развивающаяся в пяти концептуальных положениях и реализуемая восемью частными методиками

повышения эффективности подсистем планирования, организации, стимулирования и контроля для автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания автомобилей.

**Практическая значимость** работы заключается в применении разработанных на основе использования результатов исследований программных продуктов для минимизации затрат предприятий на управление процессами технической эксплуатации автомобилей за счет определения рациональной организационно-производственной структуры, эффективного прогнозирования потока требований на ресурсы для проведения ТО и Р автомобилей, планирования путей достижения целевых показателей технической службы в рамках установленных приоритетов развития предприятия, выбора эффективной базовой системы стимулирования производственного персонала, а также определения оптимальной периодичности контроля основных производственных процессов, инфраструктуры и способов их реализации с применением технологий искусственного интеллекта.

Практическая значимость подтверждается внедрением результатов исследований в производственную деятельность следующих предприятий: ООО «Строительная компания «Лея» (г. Москва), АО «Башкиравтодор» (г. Уфа), АО «Северная геофизическая экспедиция» (г. Нефтеюганск), ООО «Автоград Люкс» (г. Тюмень), ООО «Кузовград» (г. Тюмень), ООО «Гамма Инвест» (г. Тюмень), ООО «Автоград Мастер» (г. Тюмень), ООО «Автоград-кузовной ремонт» (г. Тюмень), ООО «Тайм-мобиль» (г. Тюмень), ООО «Автоград Маркет» (г. Тюмень), ООО «ЦОДП «Радар» (г. Тюмень), ООО «Автоград Престиж» (г. Тюмень), ООО «Автоград Гарант» (г. Тюмень), ООО «Логистик-Сервис» (г. Тюмень), а также в учебный процесс Тюменского индустриального университета.

**Методология и методы исследований.** Диссертационная работа базируется на известных научных трудах ведущих отечественных и зарубежных ученых в области управления технической эксплуатацией автомобилей и теории управления организационными системами.

В работе использован системный подход, методы корреляционно-регрессионного анализа, аналитическое и имитационное моделирование, теория эксперимента, методы исследования процессов, методы эволюционных алгоритмов, искусственных нейронных сетей, деревьев принятия решений, технологий компьютерного зрения и машинного обучения.

#### **На защиту выносятся:**

- 1) концепция формирования структуры управления технической эксплуатацией на предприятии автомобильного транспорта;
- 2) закономерности процессов формирования структуры управления технической эксплуатацией на предприятии автомобильного транспорта;
- 3) вид математических моделей, описывающих закономерности процессов формирования структуры управления технической эксплуатацией на предприятии автомобильного транспорта;

4) численные значения параметров математических моделей процессов изменения структуры управления технической эксплуатацией на предприятии автомобильного транспорта;

5) программное обеспечение для моделирования структуры управления технической эксплуатацией на предприятии автомобильного транспорта;

6) методология повышения эффективности работы предприятий автомобильного транспорта на основе закономерностей процессов изменения структуры управления технической эксплуатацией на предприятии автомобильного транспорта.

**Вклад автора** в получение научных результатов заключается в обосновании выбора направлений исследований, формулировании цели и задач работы, в разработке концептуальных положений и методологии их реализации, в проведении теоретических и экспериментальных исследований, в интерпретации полученных результатов, в написании научных работ с изложением основных результатов исследования и их апробировании.

**Достоверность и обоснованность результатов** подтверждается теоретическими и экспериментальными исследованиями, обосновывающими цель исследований и поставленные для ее достижения задачи; апробацией работы научным сообществом; использованием методики планирования эксперимента с определением необходимого и достаточного количества измерений; методик оценки статистической значимости моделей установленных закономерностей с их проверкой на адекватность; применением методов валидации и верификации разработанных имитационных моделей; соблюдением требований полноты разработанной концепции, непротиворечивости ее структурных элементов друг другу и результатам ранее проведенных исследований.

**Апробация работы.** Основные результаты исследований доложены, обсуждены и одобрены на 30 международных и всероссийских научно-практических конференциях: XI Международной on-line постерной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука без границ» (г. Тобольск, 2022); XVII Международной научно-технической конференции «Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте» (г. Вологда, 2022); Международной научно-практической конференции "Научная Территория: технологии и инновации" (г. Тюмень, 2022); Международной научно-практической конференции «Прогрессивные технологии в транспортных системах» (г. Оренбург, 2022, 2025); International Scientific-Technical Conference "Innovative Solutions Of Technical, Engineering And Technological Problems Of Production" (г. Джизак, Узбекистан, 2022); IV Международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии» – 2022 (г. Екатеринбург, 2022); V Международной конференции «Цифровая трансформация промышленности: тенденции, управление, стратегии» (г. Пермь, 2023); Международной научно-технической конференции "Пром-Инжиниринг' 2022" ICIE-2022 (г. Сочи, 2022); Международной научно-

практической конференции "Информационные технологии и инновации на транспорте" (г. Орел, 2022-2025); Международной научно-технической конференции "Новые технологии - нефтегазовому региону" (г. Тюмень, 2022, 2023); II Международной научно-практической конференции Автонет «Перспективные транспортные технологии» (г. Екатеринбург, 2023); X Международной научно-практической конференции-конкурсе «Новые информационные технологии в нефтегазовой отрасли и образовании» (г. Тюмень, 2023); Международной научно-практической конференции «Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе» (г. Пермь, 2023); XIII Международной научно-практической конференции обучающихся, аспирантов и ученых «Опыт, актуальные проблемы и перспективы развития нефтегазового комплекса» (г. Нижневартовск, 2023); Международной научно-технической конференции "Транспортные и Транспортно-Технологические Системы " (г. Тюмень, 2020-2025); Всероссийской (национальной) научно-практической конференции "Проблемы Функционирования Систем Транспорта" (г. Тюмень, 2020-2024); Международной научно-практической конференции «Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе» (г. Тюмень, 2024); Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) «Железнодорожный транспорт и технологии (RTT- 2024)» (г. Екатеринбург, 2024).

Результаты исследований использованы при реализации следующих научно-исследовательских работ: государственного задания в сфере науки по проекту: «Новые закономерности и решения для функционирования городских транспортных систем в парадигме «Переход от владения личным автомобилем к мобильности как услуге» (№AAAA-A20-120062290036-1.), 2020 г.; гранта РНФ № 25-29-00288 по теме: «Автоматизация процесса обработки и анализа параметров транспортной макромодели города», 2025 г.

**Публикации.** Основные теоретические положения, методологические подходы и результаты диссертационного исследования опубликованы в 42 печатных работах, в числе которых 13 научных статей в изданиях из Перечня ВАК, 2 монографии, 3 статьи в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования Scopus и Web of Science, 7 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 326 источников и четырех приложений. Объем диссертации составляет 487 страниц, текст содержит 269 рисунков и 128 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** определена область исследований, обоснована актуальность темы, оценена степень её разработанности, сформулированы цель и задачи, объект, предмет и методы исследований, сформулированы теоретическая и практическая значимость работы, приведены положения, обладающие научной новизной и выносимые на защиту, обоснована степень достоверности результатов, приведены сведения об апробации работы.

В **первом разделе** представлены результаты анализа состояния вопроса управления технической эксплуатацией автомобилей на предприятиях автомобильного транспорта (ПАТ).

Все исследования по управлению сложными организационными системами можно разделить на четыре основных подхода. Первый подход - управление технической эксплуатацией автомобилей (ТЭА) и организация производства на транспорте. Подход рассматривает задачу управления через реализацию шести подсистем ТЭА. Он использует нормативно-функциональный подход, предполагающий перечень типовых организационно-производственных структур, меняющихся с заданным дискретным шагом в зависимости от мощности предприятия. Кроме того, существующие методики планирования технико-экономических показателей предприятий автомобильного транспорта не учитывают параметры текущего состояния предприятия и целевые значения этих показателей. С помощью сравнения с нормативными значениями удельных технико-экономических показателей они позволяют определить область рациональных значений, что снижает эффективность их применения, поскольку не достигается глобальный оптимум.

Второй подход - теория автоматического управления, кибернетика. В нем задача управления объектом сводится к взаимодействию элементов технической системы. Разработанные модели имеют ограниченную сферу применения для сложных социально-экономических систем.

Третий подход - теория менеджмента и экономики, для которого характерна акцентуация взгляда на управление с позиций менеджмента в разрезе трех групп принципов: технологического, поведенческого и социально-этического. Однако, он не рассматривает конкретные виды производств и особенности систем управления ими.

Четвертый подход к решению задач управления сложными системами развивается в теории управления организационными системами. Он представляет математический и методологический аппарат для моделирования процедур принятия управлений решений, однако, приводит абстрактный перечень закономерностей, требующих адаптации к условиям конкретных предприятий. Каждый из представленных подходов имеет свои достоинства, но не позволяет комплексно описать функционирование системы управления технической эксплуатацией автомобилей под воздействием внешних условий для обеспечения ее динамического равновесия. Существующие научные подходы предполагают

дискретные комбинации производственных и организационных структур, не углубляясь в закономерности их генезиса и не рассматривая взаимосвязи с внешними факторами.

С использованием метода анализа иерархий был произведен анализ факторов, существенно влияющих на подходы к управлению технической эксплуатацией автомобилей на предприятиях автомобильного транспорта. Установлено, что среди наиболее значимых факторов для автотранспортных предприятий следует рассматривать размер парка автомобилей и интенсивность их эксплуатации, а для станций технического обслуживания – входящий поток требований на технические воздействия и распределение этих воздействий по сложности реализации.

**Во втором разделе** представлены теоретические основы формирования системы управления технической эксплуатацией автомобильного транспорта.

Концепция исследований базируется на научной идеи, что предприятия автомобильного транспорта должны иметь механизмы адаптации системы управления технической эксплуатацией автомобилей к изменениям внешних факторов. Основываясь на положениях системной динамики, систему ТЭА можно представить в виде следующей схемы (рисунок 1).

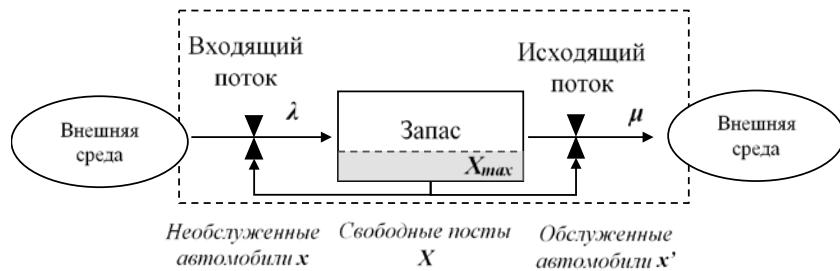


Рисунок 1. Схема системы управления ТЭА на ПАТ с использованием методологии системной динамики

Целью системы в наиболее общем виде является обработка входящего потока заявок на ТО и Р  $x$  и перевод их в обслуженные заявки  $x'$ . Основным ресурсом или запасом системы являются свободные посты – производственные звенья, за счет которых и происходит преобразование входящего потока заявок в исходящий. Запас имеет заданный текущим состоянием производственно-технической базы (ПТБ) максимальный уровень  $X_{max}$ . На вход в систему из внешней среды поступает входящий поток требований на ТО и Р  $\lambda$ , а на выходе из системы находится поток обслуженных автомобилей  $\mu$  в исправном техническом состоянии.

Основываясь на вышесказанном, с применением аксиоматического и классификационного подходов можно перечислить систему из восьми аксиом.

1. Назначением системы ТЭА является обеспечение динамического равновесия между входящим  $\lambda$  и исходящим  $\mu$  потоками. Ситуация  $\lambda >> \mu$  нецелесообразна, а  $\mu >> \lambda$  – неэффективна для предприятия.

2. Поток  $\lambda$  является динамическим и имеет стохастическую природу. Он является внешним фактором для предприятия и не подлежит управлению, однако, являясь определяющим для всей производственной деятельности предприятия.

3. Управление технической эксплуатацией автомобилей – постоянная адаптация  $\mu$  к изменению  $\lambda$  для обеспечения динамического равновесия системы.

4. Для системы ТЭА адаптация (управление) к изменению  $\lambda$  возможна либо за счет увеличения объема запаса системы (У1) или увеличения интенсивности обработки входящего потока  $\mu$  (У2).

5. Управление У1 реализуется, как правило, за счет увеличения мощности ПТБ (экстенсивными методами), а управление У2 реализуется за счет оптимизации системы управления производственными процессами предприятия (интенсивными методами).

6. Система управления на предприятии состоит из четырех подсистем: планирования, организации, стимулирования и контроля.

7. Одна и та же технология на предприятии может быть реализована с помощью различных вариантов организационно-производственных структур системы управления с различной эффективностью.

8. Для каждого временного промежутка и состояния внешних факторов существует эффективный вариант структуры системы управления технической эксплуатацией автомобилей.

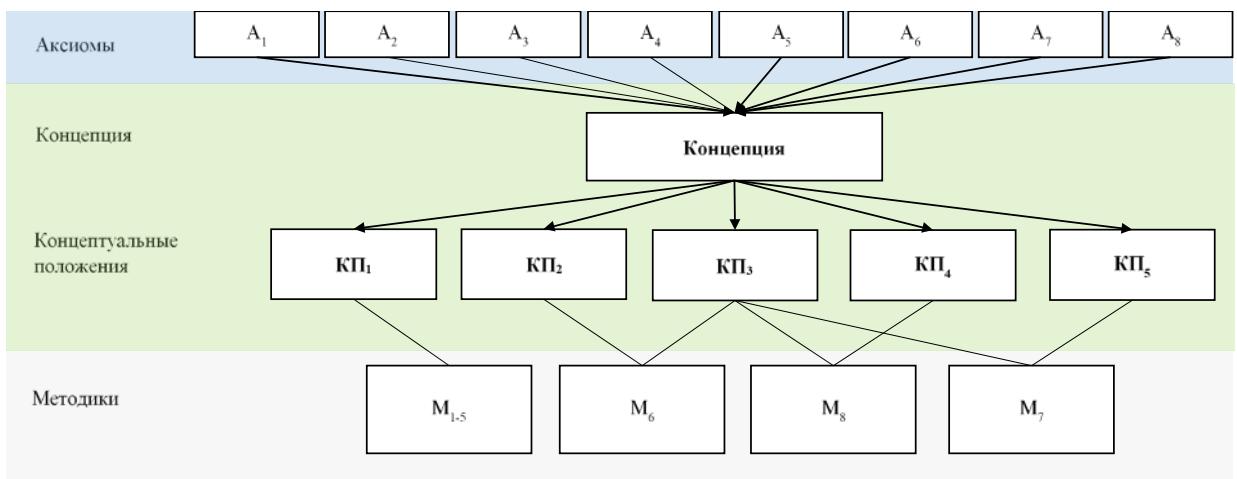


Рисунок 2. Взаимосвязь аксиом, концепции, концептуальных положений и разработанной методологии в диссертации

Концепция адаптивного управления сформулирована следующим образом: система управления ТЭА на предприятиях автомобильного транспорта реализуется посредством функций планирования, организации, стимулирования и контроля, имеет свойство динамичности и адаптивности и должна формироваться от основного производственного показателя, стремясь к оптимуму между затратами на обеспечение функционирования системы и потерями от ее неэффективной организации.

В формализованном виде суть концепции можно записать в следующем виде:

$$\Omega^* = \arg \min_{\Omega} (C(\Omega) + D(\Omega)), \quad (1)$$

при условиях:

$$1. \Omega = \langle F, A, U, K \rangle, \quad (2)$$

$$2. \Omega(t+1) = \Phi(\Omega(t), V(t)), \quad (3)$$

$$3. \Omega = \Psi(\Pi), \quad (4)$$

где  $\Omega^*$  - оптимальная структура системы управления;  $C(\Omega)$ ,  $D(\Omega)$  – функции затрат на функционирование системы и потерь от ее неэффективной организации, зависящие от структуры системы управления;  $F$ ,  $A$ ,  $U$ ,  $K$  – подсистемы планирования, организации, стимулирования и контроля соответственно;  $\Psi(\Pi)$  – функция, определяющая структуру системы управления на основе производственного показателя  $\Pi$ ;  $t$  – время;  $V(t)$  – внешние воздействия на систему.

Концепция (рисунок 3) развивается в следующих пяти концептуальных положениях.



Рисунок 3. Концепция исследований

1. При технологическом проектировании предприятия автомобильного транспорта следует исходить от целевых технико-экономических показателей, а также от его фактических параметров и имеющихся ресурсов.

2. При определенных значениях основного производственного показателя

усложнение структуры системы управления теряет свою целесообразность и является неэффективным; дальнейшее увеличение эффективности работы технической службы возможно не за счет количественного изменения значений параметров существующей структуры системы управления, а только путем качественного изменения самой структуры.

3. Для каждой совокупности значений влияющих на систему факторов из установленного диапазона их варьирования существуют оптимальные значения параметров системы управления технической эксплуатацией

4. Целесообразность применения строго нормированной системы контроля производственных процессов определяется величиной загрузки зоны технического сервиса автомобилей; при этом для любого предприятия возможно применить систему контроля на основе технологий компьютерного зрения и искусственного интеллекта.

5. Приоритет выбора базового механизма стимулирования производственного персонала на предприятии меняется в зависимости от

изменения основного производственного показателя, определяющего загрузку зоны технического сервиса автомобилей.

На основе разработанной концепции с использованием системного подхода была произведена структурная, функциональная и иерархическая декомпозиция системы управления технической эксплуатацией автомобилей на предприятии. Структура системы представлена на рисунке 4.

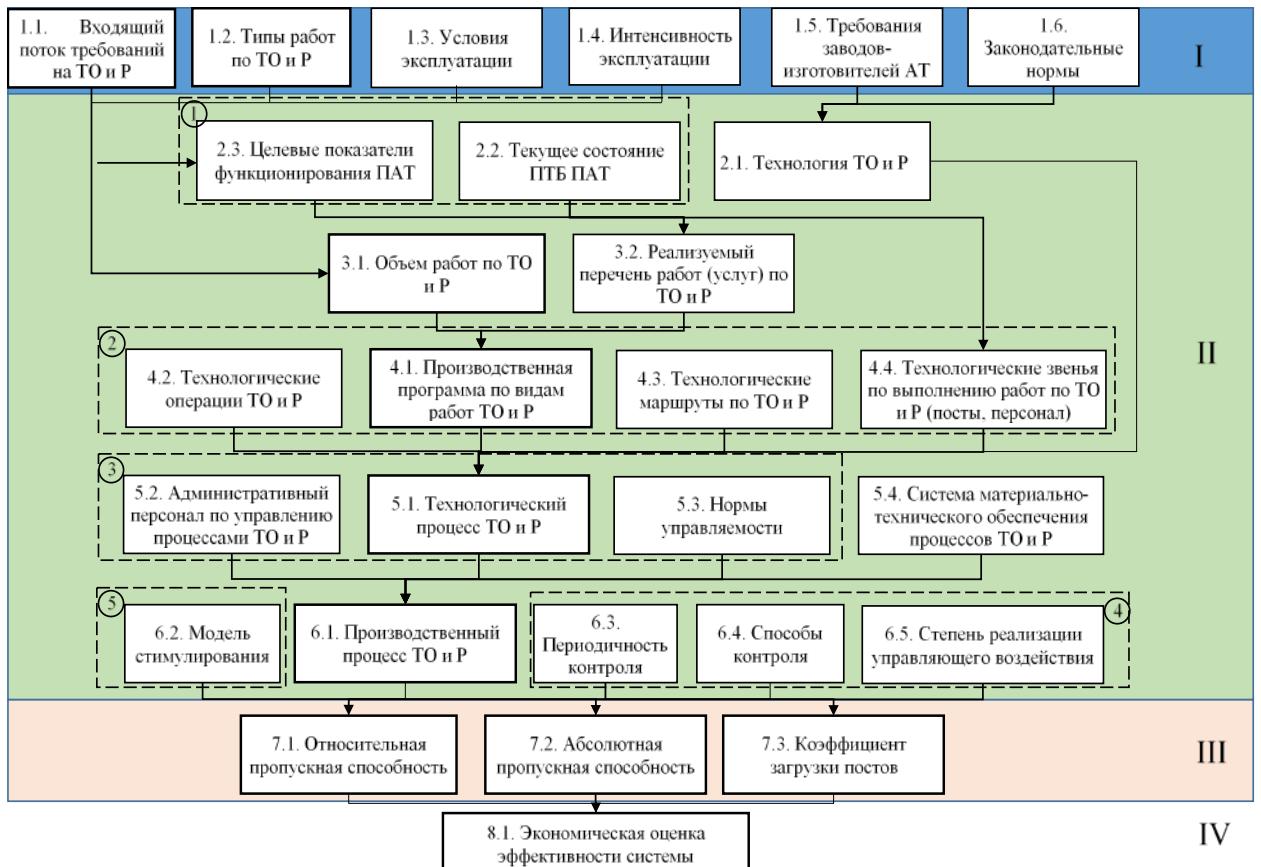


Рисунок 4. Структурная декомпозиция моделируемой системы

На этапе планирования определяется реализуемый предприятием перечень и объем работ (услуг) по ТО и Р с учетом его текущего состояния и имеющихся ресурсов. С учетом технологии производства работ он формирует производственную структуру предприятия, над которой затем надстраивается организационная структура. Эти элементы определяют систему стимулирования, после чего формируется система контроля реализации производственных процессов. Каждая из подсистем оценивается по определенным частным показателям эффективности, что в конечном итоге может быть сведено к оценке всей системы управления по обобщенным показателям. Их экстремумы определяют оптимальные значения системы управления под воздействием внешних факторов. Арабскими цифрами представлены подсистемы в рамках функциональной декомпозиции: 1 – подсистема планирования; 2 – подсистема организации (производственная структура); 3 - подсистема организации (организационная структура); 4 – подсистема контроля; 5 – подсистема стимулирования.

В иерархической структуре изучаемой системы можно выделить четыре уровня параметров: I – уровень входных неуправляемых независимых переменных и случайных возмущений; II – уровень контролируемых управляемых независимых переменных; III – уровень выходных зависимых переменных – показателей качества системы; IV – уровень оптимизации.

В качестве целевой функции исследования используются затраты на реализацию системы управления ТЭА на предприятиях автомобильного транспорта, а критерием оптимизации является минимизация значения целевой функции:

$$C_{\Sigma} = C_F + C_{SA} + C_U + C_K \rightarrow \min, \quad (6)$$

где  $C_{\Sigma}$  – суммарные затраты на систему управления ТЭА, руб.;  $C_F$  – затраты на подсистему планирования, зависят от величины расхождения между запланированными и фактическими значениями показателей, т.е. от точности плана, руб.;  $C_{SA}$  – затраты на подсистему организации, зависят от изменения пропускной способности системы при текущей организационно-производственной структуре, а также от потерь, связанных с избыточными либо недостаточными параметрами этой структуры, руб.;  $C_U$  – затраты на подсистему стимулирования, зависят от величины компенсации затрат исполнителей на выполнение работ по ТО и Р при выбранном базовом механизме стимулирования, руб.;  $C_K$  – затраты на подсистему контроля, зависят от величины потерь, связанных с нарушениями производственных процессов вследствие неэффективности реализуемых контрольных мероприятий, руб.

Первым уровнем формирования системы управления является производственная структура. Разные производственные структуры могут реализовывать одну и ту же технологию технического обслуживания и ремонта автомобилей с разными значениями показателей эффективности. Производственная структура предприятия представляет собой ориентированный граф (рисунок 6).

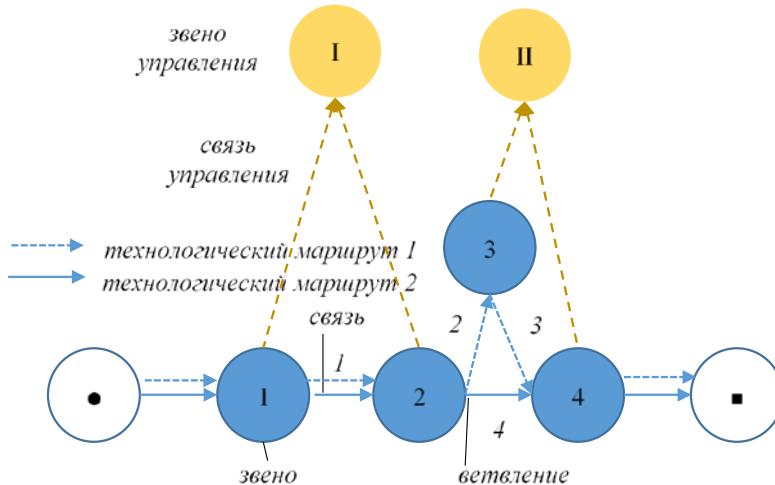


Рисунок 6. Пример ориентированного графа, содержащего 4 технологических звена, 4 связи между ними, 2 технологических маршрута, 1 ветвление, 2 звена управления

Вершины графа – это технологические звенья, выполняющие работы в рамках установленного перечня операций (комерческих услуг). Его ребра –

части технологических маршрутов ТО и Р, определяемых содержанием технологического процесса. Организационная структура является надстройкой над технологическим графом и представляет собой совокупность узлов управления (инженерно-технических работников, менеджеров) и их взаимосвязи с технологическими звеньями. Отметим, что для трехвершинного технологического графа возможно шесть вариантов организационных структур при ограничении уровней иерархии управления одним (рисунок 7).

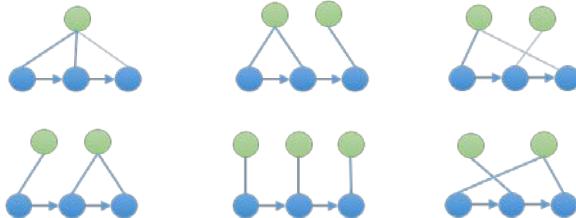


Рисунок 7. Комбинации вариантов организационной структуры для трехвершинного технологического графа производственной структуры

Взаимосвязи между элементами системы установлены с использованием теоретико-множественного подхода. Элементы системы можно представить в виде кортежей, т.е. упорядоченных наборов элементов фиксированной длины, где каждый элемент имеет определённую позицию. Входящий поток требований на ТО и Р можно охарактеризовать следующим кортежем:

$$N = \langle Q, Z, \Lambda \rangle, \quad (7)$$

где  $Q$  - количество поступающих заявок за период;  $Z$  - тип заявок  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_i\}$ ;  $\Lambda$  - интенсивность поступления заявок во времени.

Совокупность звеньев, выполняемых ими функций и взаимосвязей между ними составляет производственную структуру предприятия.

$$S = \langle X, B, R_x \rangle, \quad (8)$$

где  $X$  - совокупность технологических звеньев  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ ;  $B$  - функции (услуги, технологические операции), выполняемые этими звеньями  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_k\}$ ;  $R_x$  - отношение, описывающее взаимосвязи между элементами  $X$  и  $B$ , например,  $R_x \subseteq X \times B$ .

Совокупность административных единиц и их взаимосвязь с элементами производственной структуры составляет организационную структуру предприятия:

$$A = \langle M, R_M \rangle, \quad (9)$$

где  $M$  - административные единицы  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_p\}$ ;  $R_M$  - отношение, описывающее взаимосвязи административных единиц с элементами производственной структуры  $S$ , например,  $R_M \subseteq M \times (X \cup B)$ .

Совокупность технологических звеньев, организационной структуры предприятия и стратегии стимулирования составляет мотивационную структуру предприятия:

$$U = \langle X, A, \sigma \rangle, \quad (10)$$

где  $\sigma$  - стратегия стимулирования.

Совокупность технологических звеньев и стратегий контроля формирует систему контроля реализации производственных процессов на предприятии:

$$K = \langle X, \theta \rangle, \quad (11)$$

где  $\theta$  - стратегия контроля.

Тогда модель основного производственного процесса имеет следующие характеристики:

$$P = \langle S, A, U, K \rangle, \quad (12)$$

где  $S$  - производственная структура;  $A$  - организационная структура;  $U$  - мотивационная структура;  $K$  - система контроля.

Модель системы управления технической эксплуатацией на предприятии автомобильного транспорта  $\Omega$  может характеризоваться следующими показателями:

$$\Omega = \langle N, F, P, L, \omega, O, V, t \rangle, \quad (13)$$

где  $N$  - входящий поток требований;  $F$  - совокупность параметров подсистемы планирования (планов);  $P$  - основной производственный процесс;  $L$  - условия эксплуатации;  $\omega$  - интенсивность эксплуатации;  $O$  - установленные ограничения;  $V$  - случайные факторы;  $t$  - поведение системы во времени  $t \in \mathbb{Z}^+$ .

Параметры  $N, L, \omega, O, V$  можно отнести к внешним факторам (неуправляемым параметрам). Параметры  $F, P$  можно отнести к управляемым факторам.

Это послужило основой для формирования гипотез о видах закономерностей процессов изменения структуры управления ТЭА в разрезе основных функций управления. Дальнейшие исследования направлены на подтверждение сформулированных гипотез.

**В третьем разделе** представлены модели закономерностей формирования структуры управления технической эксплуатацией автомобилей.

На начальном этапе экспериментальных исследований с помощью пассивного эксперимента по сбору и анализу статистических данных о работе предприятий автомобильного транспорта были установлены законы распределения величин случайных факторов, а также численные значения констант, которые были использованы для формирования закономерностей планирования потребности в ресурсах, а также для разработки, валидации и верификации имитационной модели предприятия.

Определение закономерностей влияния факторов осуществлялось для каждой из четырех подсистем по отдельности.

Задачу стратегического планирования параметров производственно-технической базы предприятий автомобильного транспорта можно представить как обратную задачу многофакторной оптимизации.

$$E^* = \max\{E(\alpha, \rho, \xi)\} \text{ - обратная задача } (\rho \in P), \quad (14)$$

где  $\alpha$  - заданные, заранее известные факторы (условия выполнения операции);  $\rho$  - управляемые факторы, образующие в своей совокупности решение;  $\xi$  - неизвестные факторы;  $E$  - показатель эффективности;  $E^*$  - максимальное значение  $E(\alpha, \rho, \xi)$ , взятое по всем решениям, входящим в множество возможных решений  $P$ .

Формально она звучит так: при заданных условиях  $\alpha$ , с учетом неизвестных факторов  $\xi$ , найти такое решение  $\rho \in P$ , которое, по возможности, обеспечивает максимальное значение показателя эффективности  $E$ . В практической постановке она может быть сформулирована следующим образом: «Какие значения входных параметров предприятия нужно иметь, чтобы достичь заданной прибыли?».

В основу положен «классический» технологический и экономический расчет автотранспортного предприятия или станции технического обслуживания. Входные параметры: годовое количество обслуживаемых на станции автомобилей; средне-годовой пробег автомобиля; число рабочих дней в году и т.д. На выходе определяются такие параметры как доход, прибыль, затраты и т.п. Требуется найти такие входные параметры, при которых один или несколько из выходных примет экстремальное или указанное значение.

Для решения этой задачи предложено использовать метод генетических алгоритмов. Функцией оптимизации для этого метода является функция приспособленности, которая может учитывать один или несколько целевых показателей (рисунок 8).

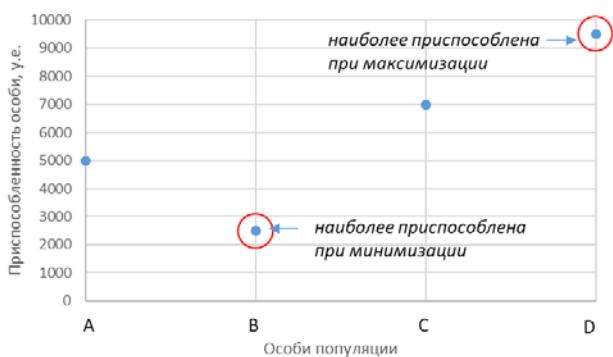


Рисунок 8. Оценка приспособленности особей для метода генетических алгоритмов

Особенностью метода является выполнение итеративного поиска решения, когда перечень исходных вариантов определяется декартовым произведением большого количества факторов, изменяющихся на разных уровнях. Метод оперирует терминологией эволюционной биологии и рассматривает совокупность входных значений как популяцию родительских особей (рисунок 9).

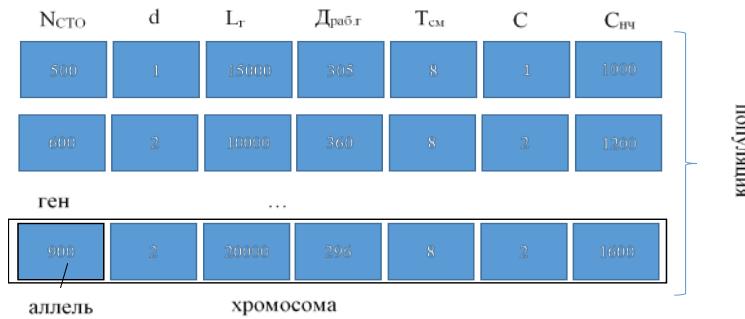


Рисунок 8. Популяция возможных вариантов сочетаний исходных факторов – родительские особи

В ходе установленного количества итераций нужно получить таких потомков, которые будут наиболее приспособлены по установленной функции. На каждой итерации потомок получает часть генов от родительских особей, также происходит случайная мутация, когда каждый ген может принять значение в рамках установленного диапазона (рисунок 10).

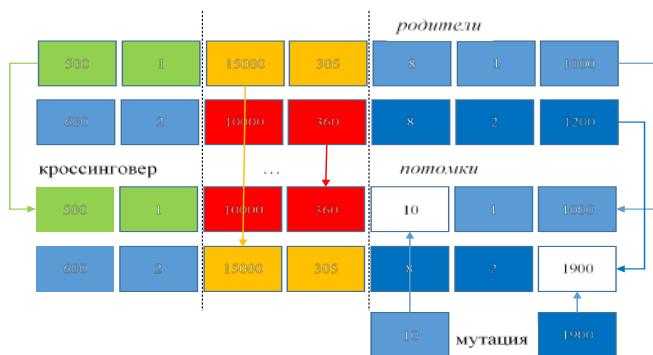


Рисунок 10. Равномерный кроссинговер и мутация при воспроизведстве потомства

Для условий задачи метод за десять итераций позволил получить оптимальное по установленному критерию решение. Оно аналогично результату, полученному методом простого перебора значений. Однако, метод интересен тем, что находит решение быстрее и с меньшими затратами вычислительных ресурсов (таблица 1).

Таблица 1. Перечень значений факторов для определенного моделью генетического алгоритма оптимального решения

№	Показатель	Оптимальное значение по методу генетического алгоритма	Оптимальное значение по методу перебора значений
1	Годовое количество обслуживаемых на станции автомобилей $N_{СТО}$ ;	834	900
2	Количество автомобиле-заездов в год $d$ ;	4	4
3	Среднегодовой пробег автомобиля $L_e$ , км;	18000	20000
4	Число рабочих дней в году, $D_{раб.г}$ ;	355	360
5	Продолжительность смены $T_{см}$ , ч	11	12
6	Число смен $C_{см}$ , ед.	1	1
7	Стоимость нормо-часа работ, $C_{нч}$ , руб.	1889	1900

Одной из целей среднесрочного и оперативного планирования деятельности предприятия является определение потребности в ресурсах. Для

этого были проанализированы данные о проведении технического обслуживания и ремонта по одной марке автомобиля на дилерской станции технического обслуживания г. Тюмени за 2020 – 2024 годы. Результаты были обработаны методом гармонического анализа на предмет определения трендовой, периодической и случайной компоненты. На этой основе были получены закономерности формирования потока требований на основные ресурсы для ТО и Р автомобилей по времени. На рисунке 11 представлен результат определения тренда и исключения его влияния на изменение потребности в моторном масле в течение года с использованием метода линейной регрессии, а на рисунке 12 – определение сезонной неравномерности потребности в этом ресурсе.

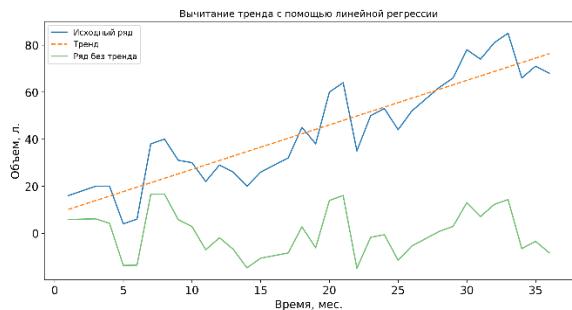


Рисунок 11. Вычитание тренда и определение сезонности временного ряда потребности в моторном масле

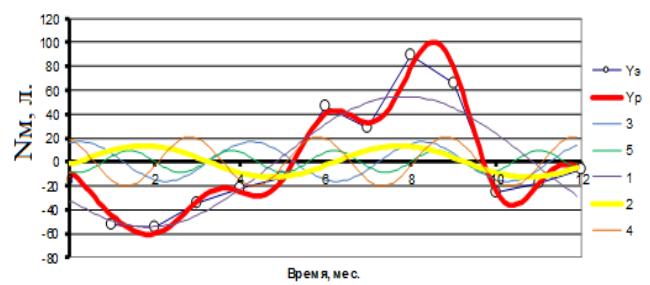


Рисунок 12. Изменение по времени параметров:  $N_m$ : справа указаны номера гармоник, а также расчетные ( $Y_p$ ) и эмпирические ( $Y_e$ ) данные

Установлено, что почти для всех исследуемых видов ресурсов статистическую значимость имеют первая или вторая гармоники, что говорит о том, что спрос на ресурсы имеет циклическую природу. Полученные гармонические модели планирования потребности в ресурсах для станции технического обслуживания представлены ниже:

$$N_m = \overline{N_m} + 13,14 \cdot \cos(30 \cdot (2 \cdot T - 3,29)), \quad (15)$$

$$N_{TM} = \overline{N_{TM}} + 8,76 \cdot \cos(30 \cdot (T - 3,42)), \quad (16)$$

$$N_{OЖ} = \overline{N_{OЖ}} + 2,31 \cdot \cos(30 \cdot (2 \cdot T - 0,87)), \quad (17)$$

$$N_{TЖ} = \overline{N_{TЖ}} + 0,76 \cdot \cos(30 \cdot (4 \cdot T - 5,52)), \quad (18)$$

$$N_{TP} = \overline{N_{TP}} + 1,5 \cdot \cos(30 \cdot (T - 2,97)), \quad (19)$$

$$N_{TO} = \overline{N_{TO}} + 10,50 \cdot \cos(30 \cdot (T - 7,52)), \quad (20)$$

$$N_{ш} = \overline{N_{ш}} + 6,63 \cdot \cos(30 \cdot (T - 0,4)), \quad (21)$$

$$N_{3Ч} = \overline{N_{3Ч}} + 112,99 \cdot \cos(30 \cdot (T - 8,77)) + 106,84 \cdot \cos(30 \cdot (4 \cdot T - 10,96)), \quad (22)$$

где  $N_m$  – масло моторное;  $N_{TM}$  – масло трансмиссионное;  $N_{OЖ}$  – жидкость охлаждающая;  $N_{TЖ}$  – жидкость тормозная;  $N_{3Ч}$  – запасные части;  $N_{ш}$  – шины;  $N_{TO}$  – заезды на проведения технического обслуживания;  $N_{TP}$  – заезды на проведение текущего ремонта;  $N_{Д}$  – заезды на проведение работ по диагностике или автоэлектрике;  $T$  – время, мес.

На основании пассивного натурного эксперимента по анализу реализуемого предприятиями технического сервиса автомобилей перечня услуг по ТО и ремонту предложена классификация услуг, разделяющая все реализуемые работы по техническому сервису автомобилей на три типа по критериям частоты, трудоемкости их реализации и коммерческой стоимости: быстрые, но недорогие; работы средней стоимости и трудоемкости; трудоемкие работы с высокой коммерческой стоимостью. Для этого использован метод k-средних (K-Means), который позволяет сгруппировать неразмеченные данные на кластеры по критерию уменьшения величины инерции - суммы квадратов расстояний от точек до центров кластеров. На рисунке 13 в координатах «стоимость - трудоемкость» представлен результат разделения 37 типов услуг по техническому сервису автомобилей на три кластера, отмеченных разными цветами. В целях улучшения читаемости графика подписаны только три представительные точки каждого кластера.

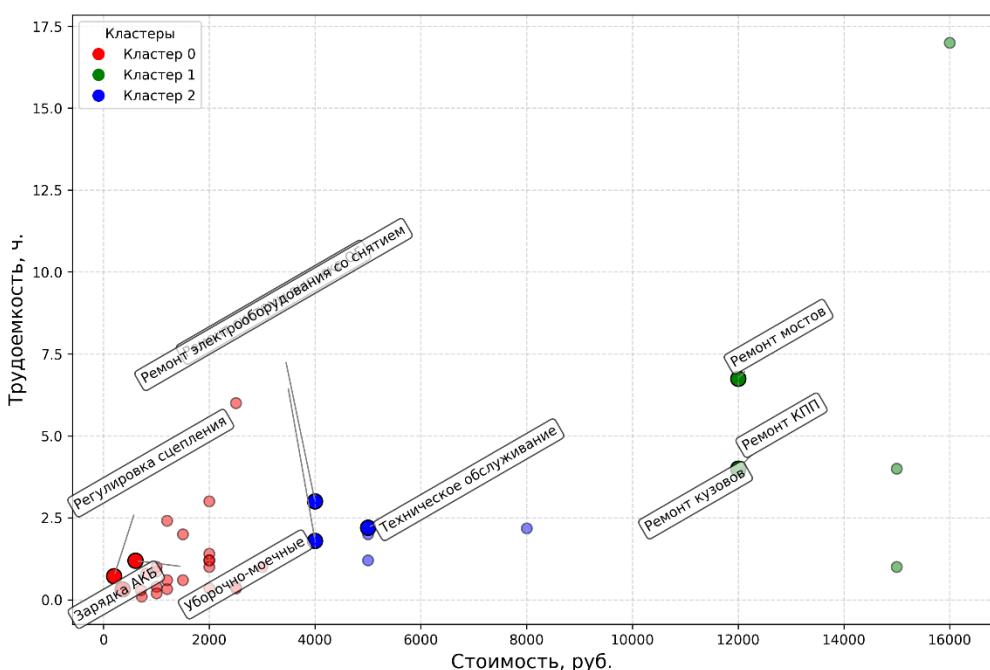


Рисунок 13. Кластеризация реализуемых предприятиями работ по техническому сервису автомобилей на три кластера методом k-средних

Разработанная классификация обеспечивает более точное управление структурой предоставляемых услуг, позволяя на практике применять к каждому кластеру разные подходы по их нормированию, стимулированию и учету.

В рамках подсистемы планирования установлены закономерности взаимосвязи загрузки производственной зоны по ТО и ремонту автомобилей и реализуемого предприятием ассортимента услуг по техническому сервису автомобилей от производственно-технологических факторов. Для их аппроксимации были разработаны модели полносвязных нейронных сетей, реализованных в среде программирования Python, архитектуры которых представлены на рисунке 14.

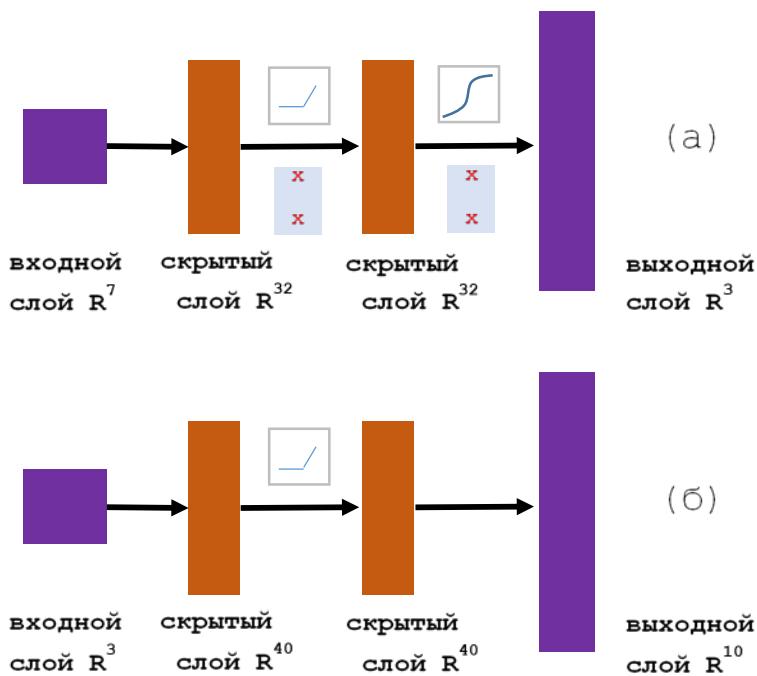


Рисунок 14. Архитектуры полносвязных нейронных сетей для моделирования закономерностей  
 а) управления ассортиментом услуг предприятия технического сервиса  
 б) взаимосвязи загрузки сервисной зоны с объемом продаж новых автомобилей и интенсивностью обращений на ТО и ремонт

Нейронная сеть управления ассортиментом услуг имеет два скрытых слоя по 32 нейрона в каждом, слои *dropout* для снижения вероятности переобучения, функцию активации выходного слоя *softmax*. С точностью 80% она прогнозирует оптимальное для предприятия соотношение услуг по приведенной выше классификации в зависимости от интенсивности потока требований на техническое обслуживание и ремонт автомобилей, их стоимости и трудоемкости. Нейронная сеть определения загрузки сервисной зоны также имеет два скрытых слоя с 40 нейронами в каждом и функцией активации *relu*. Количество нейронов во входном слое соответствует количеству независимых переменных: объему продаж новых автомобилей, уровню их надежности и количеству обращений клиентов в зону технического сервиса. Количество нейронов в выходном слое соответствует периоду прогнозирования коэффициента загрузки зоны технического сервиса в 10 лет. Точность прогнозирования составляет 98%.

Для моделирования состояний изучаемой системы была разработана дискретно-событийная имитационная модель процессного типа. Она использовалась для проведения активного эксперимента согласно разработанным планам эксперимента для каждой рассматриваемой подсистемы.

Для описания, визуализации и оценки эффективности организационно-производственных структур был использован метода BPMN-нотации (Business Process Model and Notation) и исследования процессов (Process Mining). Варианты производственных структур для станций технического обслуживания автомобилей представлены пятью функциональными схемами, содержащими разное количество технологических звеньев и ветвлений (рисунок 15).

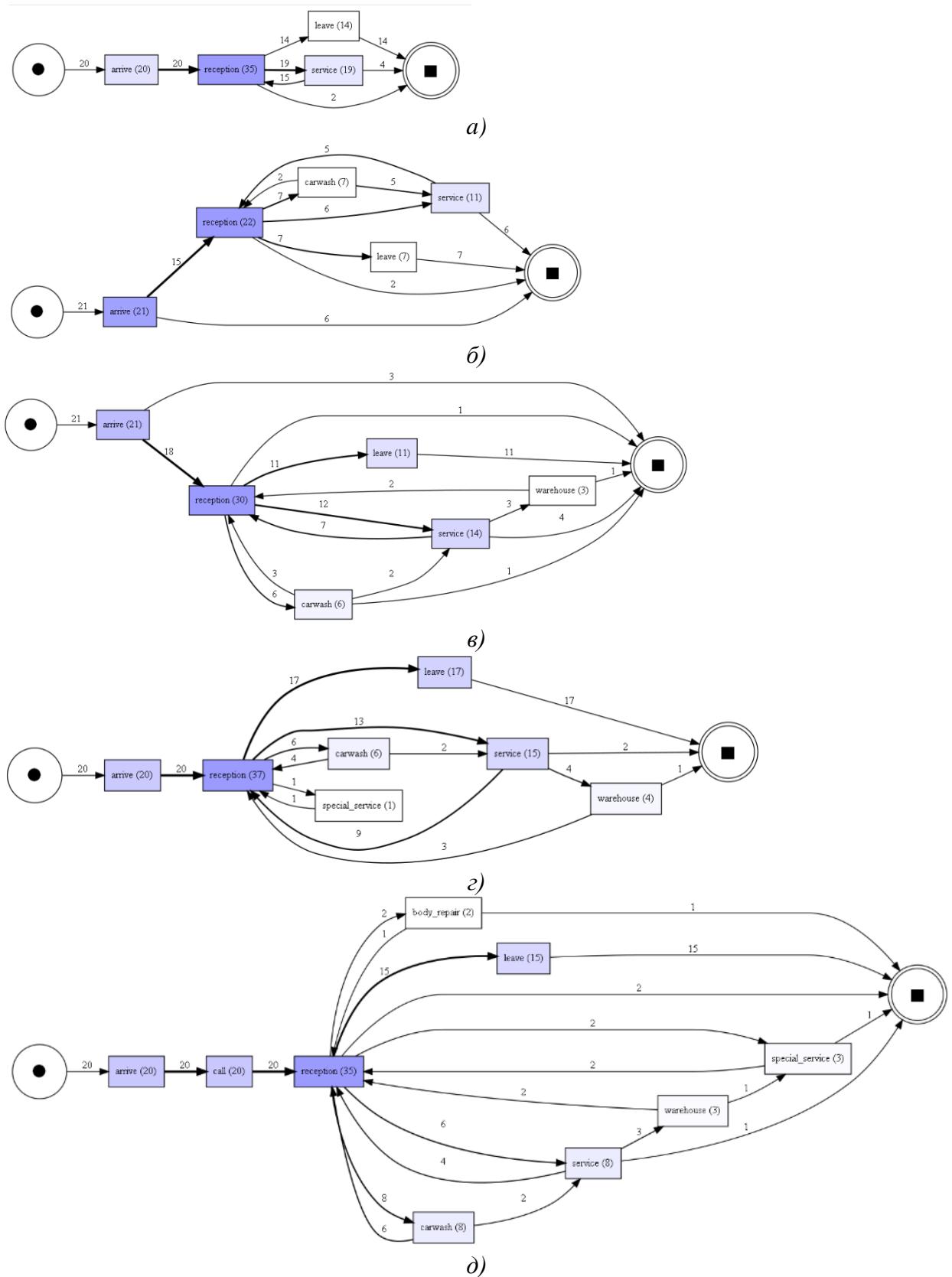


Рисунок 15. Варианты производственных структур для имитационного моделирования со следующими технологическими звеньями: а) мастер приемщик – универсальный пост по ТО и Р б) мастер приемщик – специализированный пост (УМР) - универсальный пост по ТО и Р в) мастер приемщик – специализированный пост (УМР) - универсальный пост по ТО и Р – склад и пункт заказа запасных частей г) мастер приемщик – специализированный пост (УМР) - универсальный пост по ТО и Р – склад и пункт заказа запасных частей - специализированный пост (ТО и Р) д) колл-центр - мастер приемщик – специализированный

пост (УМР) - универсальный пост по ТО и Р – склад и пункт заказа запасных частей - специализированный пост (ТО и Р) - специализированный пост (кузовной ремонт)

Так, первая функциональная схема предполагает работу предприятия всего с двумя типами технологических звеньев: мастера-приемщики и универсальные посты по ТО и Р. А схема номер 5 уже включает в себя посты по выполнению отдельных видов работ, например, посты по ремонту специализированных узлов, кузовному ремонту, пункт заказа и хранения запасных частей, колл-центр и т.д. Следует отметить оригинальную особенность разработанного алгоритма, предполагающую, что при отсутствии в функциональной схеме соответствующих видов технологических звеньев работы выполняются на существующих постах, но с необходимой для этих работ трудоемкостью. Аналогичным образом производилось описание и моделирование производственных структур для автотранспортных предприятий.

Факторы, исследуемые при проведении эксперимента, представлены в таблице 2.

Таблица 2. Исследуемые факторы

№	Обозначение фактора	Наименование фактора
1	$N_{мес}$	для СТО: производственная программа по ТО и Р автомобилей, ед/мес.
2	$A_{cc}$	для АТП – размер парка автомобилей, ед.
3	$\tau$	для СТО: соотношение работ по ТО и Р по типам, выражаемое в величине средневзвешенной трудоемкости производства работ, чел.час.
4	$\omega$	для АТП – интенсивность эксплуатации подвижного состава, км./мес.
5	$x$	количество технологических звеньев производственной структуры предприятия, ед.
6	$A$	количество административных работников (менеджеров), чел.
7	$U$	тип базовой модели стимулирования
8	$n_c$	количество точек контроля в течение рабочей смены, ед.
9	$p_c$	величина управляющего воздействия, %
10	$d_c$	задержка реализации управляющего воздействия, ч

В качестве функции отклика оценивалась относительная пропускная способность системы  $q$  и издержки на ее функционирование  $C$ .

Установлено, что каждую производственную структуру рационально использовать при определенных значениях влияющих на нее факторов (рисунок 16).

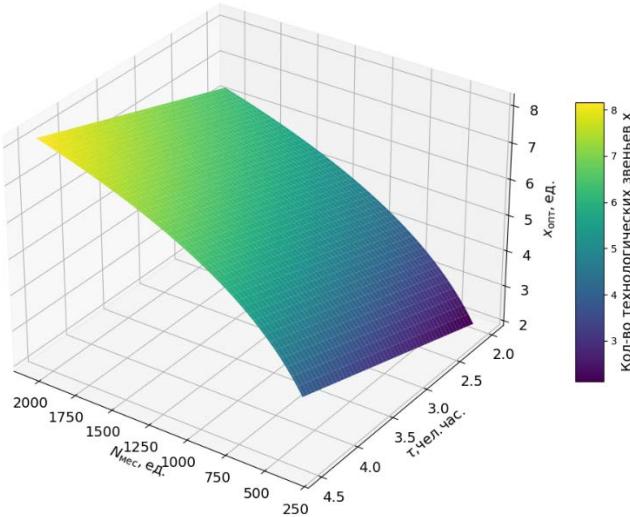


Рисунок 16. График двухфакторной регрессионной модели определения оптимального количества технологических звеньев производственной структуры предприятия

Так, производственные структуры с малым количеством технологических звеньев, или универсальные структуры, предполагающие проведение всего спектра работ по ТО и Р на универсальных постах, эффективны для потоков поступления требований на ТО и Р с низкой интенсивностью. При больших потоках и для работ высокой сложности такие структуры теряют свою эффективность. Для этих условий требуются структуры с большим количеством технологических звеньев разных типов, т.е. структуры с большей специализацией. Изменение скорости наклона поверхности к горизонтальной плоскости говорит о наличии предела оптимизации надсистемы за счет системы управления ТЭА.

Параметры производственной структуры станции технического обслуживания:

$$q = 1,25 - 0,085 \cdot \ln(N) - 0,24 \cdot \tau^{0,5} + 0,13 \cdot \ln(x), \quad (23)$$

$$x_{onm} = -13,9 + 2,46 \cdot \ln(N) + 0,74 \cdot \tau, \quad (24)$$

$$X_{onm} = 5,95 + 0,00529 \cdot N - 0,3636 \cdot x, \quad (25)$$

где  $q$  – относительная пропускная способность СТО, %;  $N$  – количество поступивших автомобилей в месяц, ед.;  $\tau$  – средневзвешенная трудоемкость по видам работ ТО и Р, чел.час.;  $x$  – количество типов технологических звеньев на СТО, ед.;  $x_{onm}$  – оптимальное по экономическому критерию количество типов технологических звеньев на СТО, ед.;  $X_{onm}$  – оптимальное по критерию минимизации затрат суммарное количество постов по ТО и Р, ед.

Параметры производственной структуры автотранспортного предприятия:

$$q = 0,99 - 0,000748 \cdot A_{cc} - 0,000077 \cdot \omega + 0,1173 \cdot \ln(x), \quad (26)$$

$$x_{onm} = -17,8277 + 0,0089 \cdot A_{cc} + 2,5244 \cdot \ln(\omega), \quad (27)$$

$$X_{onm} = 3,7 + 0,01 \cdot A_{cc} + 0,0013 \cdot \omega - 0,33 \cdot x, \quad (28)$$

где  $q$  – относительная пропускная способность СТО, %;  $A_{cc}$  – размер парка автомобилей, ед.;  $\omega$  – интенсивность эксплуатации подвижного состава, км./мес;  $x$  – количество типов технологических звеньев на АТП, ед.;  $x_{opt}$  – оптимальное по экономическому критерию количество типов технологических звеньев на АТП, ед.;  $X_{opt}$  – оптимальное по критерию минимизации затрат суммарное количество постов по ТО и Р, ед.

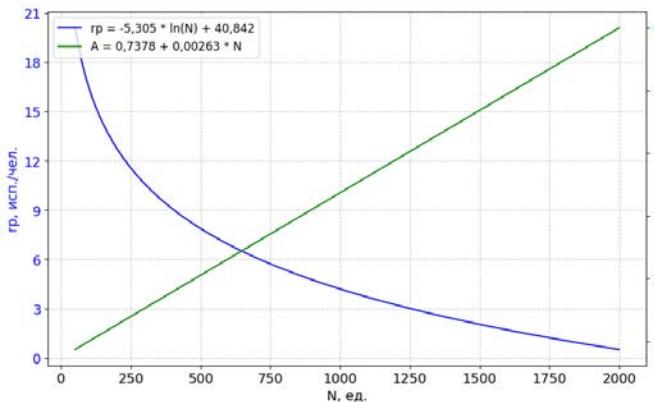


Рисунок 17. Изменение нормы управляемости и количества административных работников от количества поступающих на ТО и Р автомобилей в месяц

При формировании организационных структур вместо нормативно-функционального предложено использовать системно-целевой подход. Для организационных структур в целом характерно увеличение оптимального количества административно-управленческого персонала при увеличении интенсивности поступления автомобилей в зону ТО и Р (рисунок 17).

Норма управляемости, т.е. количество исполнителей на одного менеджера при этом снижается. Это приводит к увеличению специализации организационной структуры: количество связей между одним административным звеном и разными типами технологических звеньев уменьшается, т.е. один управленец сосредотачивается на управлении отдельной зоной или участком. Разработанные модели установленных закономерностей позволяют численно оценить приведенные выше тезисы.

Параметры организационной структуры станции технического обслуживания:

$$A = 0,7378 + 0,00263 \cdot N, \quad (29)$$

$$r_p = -5,305 \cdot \ln(N) + 40,842, \quad (30)$$

$$r_x = -0,0006 \cdot N + 2,1625, \quad (31)$$

$$r_x = 2,98 \cdot \beta^{-1,578}. \quad (32)$$

Параметры организационной структуры автотранспортных предприятий:

$$A = 1,1296 + 0,0052 \cdot A_{cc}, \quad (33)$$

$$r_p = -0,317 \cdot \ln(A_{cc}) + 3,5239, \quad (34)$$

$$r_x = 80,164 \cdot A_{cc}^{-0,453}, \quad (35)$$

где  $A$  – количество инженерно-технических работников, управляющих производственными процессами ТО и Р на предприятии, чел.;  $A_{cc}$  – размер парка автомобилей, ед.;  $r_x$ ,  $r_p$  – нормы управляемости, выражаемые в количестве технологических звеньев и в количестве исполнителей на одного административного работника соответственно;  $\beta$  – коэффициент, отражающий уровень квалификации менеджера.

Проверка статистической значимости коэффициентов корреляции для приведенных выше и рассмотренных далее регрессионных моделей осуществлялась по  $t$ -критерию Стьюдента, а оценка адекватности – по критерию Фишера с доверительной вероятностью 0,95 и средней ошибке аппроксимации. Все приведенные модели являются адекватными и статистически значимыми.

В рамках оптимизации подсистемы стимулирования рассматривалось несколько базовых механизмов стимулирования: компенсаторная система К-типа  $\sigma_K$ ; скачкообразная система стимулирования С-типа  $\sigma_C$ ; система D-типа  $\sigma_D$ , основанная на перераспределении дохода; пропорциональная система стимулирования L-типа  $\sigma_L$ . Для предприятий автомобильного транспорта представленные системы стимулирования могут быть определены следующим образом.

$$\sigma_K = T_{\Sigma} \cdot \lambda, \quad (36)$$

где  $T_{\Sigma}$  – общее количество отработанного исполнителем времени за период, ч;  $\lambda$  – оплата стоимости одного нормо-часа работ, руб.

$$\sigma_C = C, \quad (37)$$

где  $C$  – фиксированное значение среднемесячной заработной платы, руб.

$$\sigma_L = T_{\text{норм.}\Sigma} \cdot \lambda, \quad (38)$$

где  $T_{\text{норм.}\Sigma}$  – общее количество времени, затраченное исполнителем на ТО и Р по нормативу за период, ч.

$$\sigma_D = \gamma \cdot N \cdot D, \quad (39)$$

где  $D$  – величина дохода предприятия от обслуживания одного автомобиля, руб.;  $N$  – количество автомобилей, прошедших ТО и Р за период времени, ед.;  $\gamma$  – доля дохода, направляемая на стимулирование производственного персонала, %.

Установлено, что для низкой интенсивности поступления автомобилей в зону технического сервиса наиболее эффективной по критерию минимизации затрат является пропорциональная системы стимулирования К, L-типа. При превышении расчетного порогового значения количества поступающих автомобилей в месяц приоритет смещается в сторону фиксированного значения заработной платы для исполнителей – системы С-

типа. Система стимулирования с перераспределением дохода D-типа находится на втором месте по приоритету на всем диапазоне количества требований (рисунок 18).

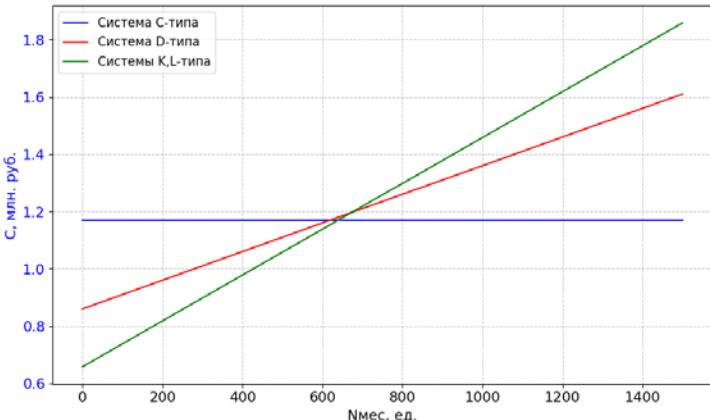


Рисунок 18. График изменения затрат на разные типы систем стимулирования от производственной программы при фиксированных факторах  $\tau=2,5$  чел.час. и  $x=4$  ед.

На выбор системы стимулирования влияют составляющие затрат, в связи с чем также были разработаны модели формирования затрат на разные типы систем стимулирования для станций технического обслуживания и автотранспортных предприятий.

Поскольку приоритет выбора базовой системы стимулирования является качественной категориальной переменной, то для аппроксимации модели выбора был выбран метод деревьев классификации или деревьев решений (decision tree). Дерево решений разделяет данные на подмножества на основе значений признаков, чтобы предсказать целевую переменную (класс или метку). В каждом внутреннем узле происходит разделение данных на основе условия, связанного с одним из признаков, с указанием порогового значения, которое используется для разделения данных. Деревья решений по выбору типа системы стимулирования для СТО и АТП представлены на рисунках 19 и 20 соответственно.

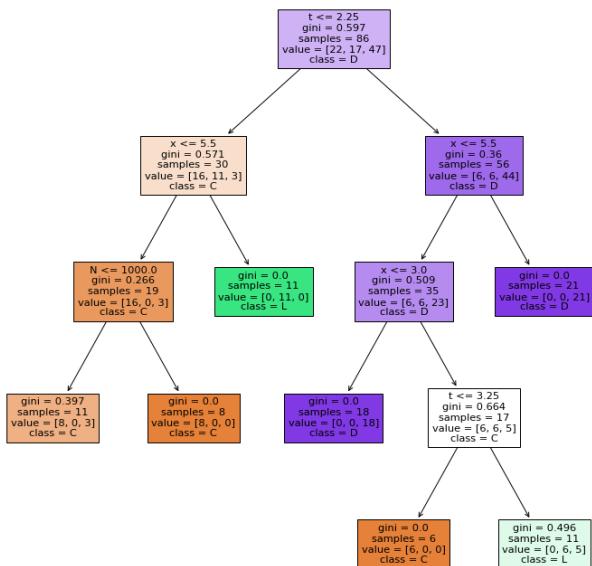


Рисунок 19. Графическая модель принятия решения по выбору оптимальной для заданных условий модели стимулирования производственного персонала:  $N$  – производственная программа по ТО и Р автомобилей, ед/мес.;  $\tau$  – соотношение работ по ТО и Р по типам, чел.час.;  $x$  – количество технологических звеньев производственной структуры

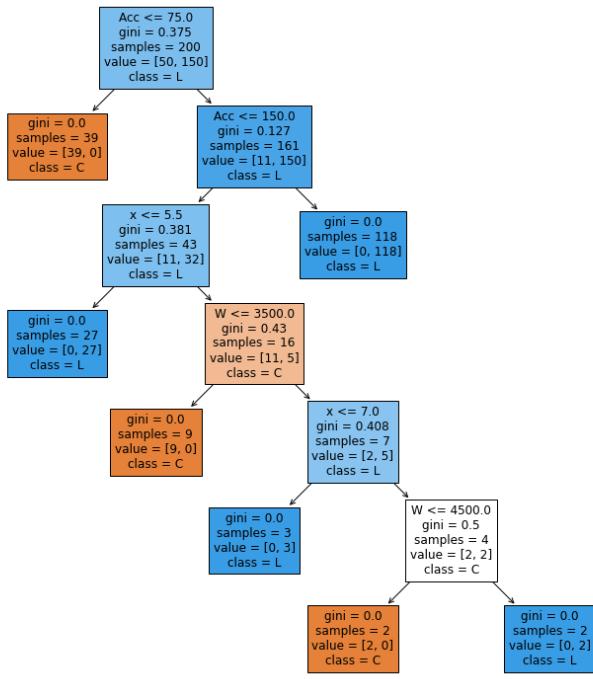


Рисунок 20. Графическая модель принятия решения по выбору оптимальной для заданных условий модели стимулирования производственного персонала:  $Acc$  – размер парка автомобилей, ед.;  $\omega$  – интенсивность эксплуатации подвижного состава, км/мес;  $x$  – производственная структура предприятия, выражаемая количеством технологических звеньев разных типов

В ходе проведения эксперимента на имитационной модели было выявлено, что жесткое нормирование системы контроля дает существенный эффект только при высоком уровне загрузки производственной зоны. Для низкой интенсивности поступления автомобилей в систему можно ограничиться существующими на предприятиях нормативами контроля технологических процессов и общепринятыми нормами менеджмента.

Уравнение регрессии зависимости относительной пропускной способности системы от параметров системы контроля в условиях высокой интенсивности поступления автомобилей в зону технического сервиса представлено ниже:

$$q = 41,57 + 0,43 \cdot n_c + 3,5 p_c - 0,4 d_c, \quad (40)$$

где  $q$  – относительная пропускная способность СТО, %;  $n_c$  - количество точек контроля за смену, ед.;  $p_c$  - величина управляющего воздействия, %;  $d_c$  - время запаздывания реализации управляющего воздействия, ч.

Нормирование количества точек контроля, величины и времени запаздывания управляющих воздействий позволяет повысить относительную пропускную способность на 4-6% (рисунок 21).

С использованием формулы определения значения целевой функции по критерию минимизации суммарных затрат были определены модели закономерностей влияния производственной программы по ТО и Р  $N_{mec}$  автомобилей на оптимальные параметры подсистемы контроля:

$$n_c = 3,696 \cdot \ln(N_{mec}) - 22,818, \quad (41)$$

$$p_c = 57,874 \cdot \ln(N_{mec}) - 335,67, \quad (42)$$

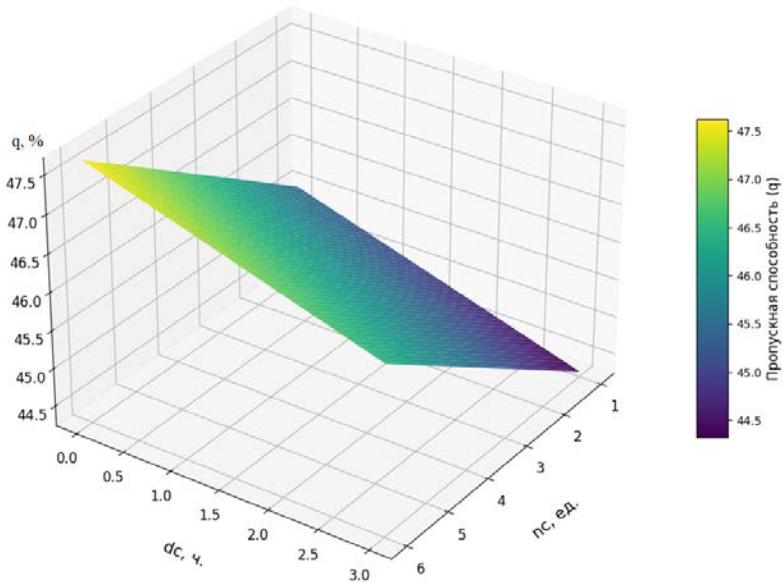


Рисунок 21. График зависимости относительной пропускной способности системы  $q$  от количества управляющих воздействий за смену  $n_c$  и величины задержки реализации управляющего воздействия  $d_c$  при  $p_c=1$

В рамках реализации контроля производственной зоны предприятия в режиме реального времени было решено четыре прикладных задачи: контроль последовательности выполнения технологических операций, контроль продолжительности, контроль факта выполнения технологической операции и контроль доступа в производственную зону по биометрическим данным.

Для их решения использовались технологии компьютерного зрения и имитационная модель агентного типа, которая позволяет создавать трехмерную модель предприятия с заданными условиями поведения персонажей. В ней была создана сцена с персонажем и путевыми точками, которые он должен проходить в определенной согласно операционно-постовой карте ТО и Р последовательности. Было задано две последовательности прохождения этих точек: правильная и неправильная (рисунок 22).

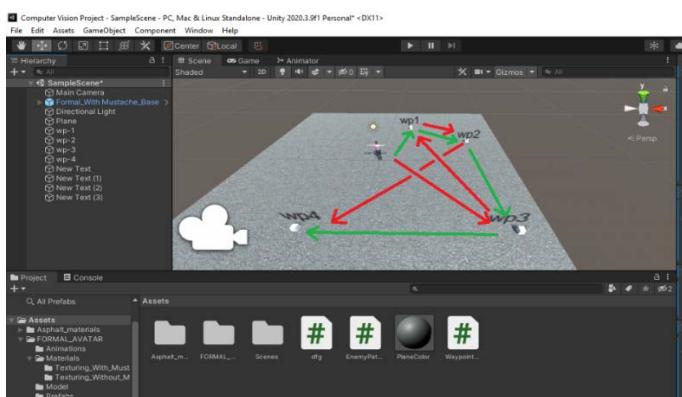


Рисунок 22. Верная последовательность прохождения персонажем всех путевых точек следующая:  $wp-1 \rightarrow wp-2 \rightarrow wp-3 \rightarrow wp-4$ . Неверная:  $wp-3 \rightarrow wp-1 \rightarrow wp-2 \rightarrow wp-4$

Зона вокруг каждой путевой точки обводилась ограничительной рамкой. Фиксировался факт прохождения каждой путевой точки, после чего формировался именованный список из их последовательности. При сравнении двух списков алгоритмически делался вывод о соответствии с нормативом. Для распознавания человека использовалась предобученная сверточная нейронная сеть YOLO, которая детектировала объект класса «person» (человек) и обводила его ограничительной рамкой. Факт прохождения путевой точки определялся с использованием метрики Intersection over Union (IoU),

рассчитывающей степень перекрытия двух ограничительных рамок. Метрика тем выше, чем больше степень перекрытия рамок вокруг объектов.

Для контроля продолжительности выполнения технологических операций регистрировалось время нахождения объекта в ограничительной рамке каждой путевой точки. Для оценки соответствия нормативу был разработан оригинальный алгоритм сравнения, определяющий степень перекрытия площадей зон, описываемых графиком градиента метрики IoU. При несовпадении фактической продолжительности производства работ с нормативной делается вывод о нарушении технологии (рисунок 23, 24).

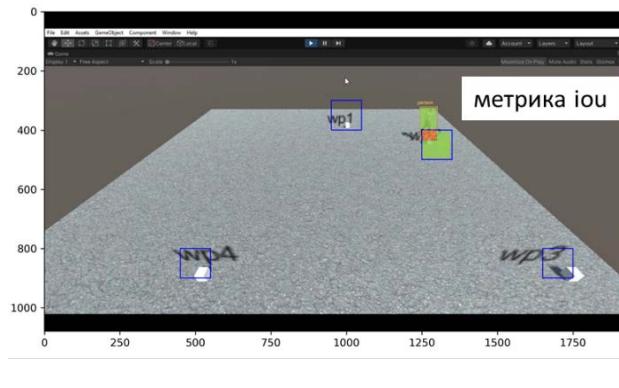


Рисунок 23. Разметка путевых точек и детектирование объекта моделью YOLO

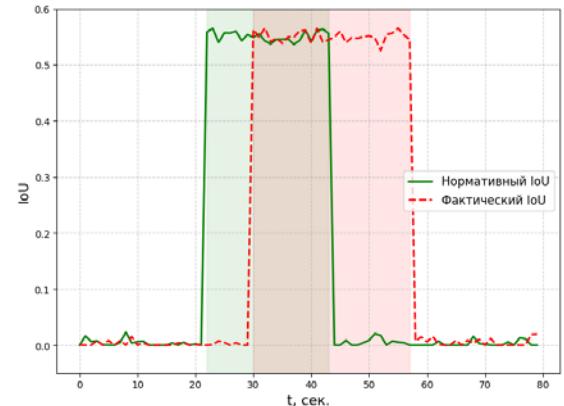


Рисунок 24. Наложение двух прямоугольников, описывающих графики изменения значений показателей IoU в путевой точке wp-2 для двух проведенных экспериментов

Для оценки факта выполнения работы была смоделирована ситуация замены масляного фильтра автомобиля. При выполнении двух детектирований объекта в соответствующие точки времени делается вывод о том, что его замена была произведена. Для этого модель YOLO была обучена в созданной виртуальной среде на распознавание фильтра, после чего смогла его детектировать с высокой степенью точности.

Таблица 3. Метрики точности модели после обучения

Название	Значение
Precision	0,93
Recall	0,89
mAP_0.5	0,87
mAP_0.5_0.95	0,35

(рисунок 25, 26).

**Четвертый раздел** посвящен использованию результатов исследований и оценке их эффективности.

На основе проведённого анализа и разработанных моделей предложены научно обоснованные подходы к построению адаптивной системы управления технической эксплуатацией автомобилей, что способствует развитию методологического аппарата управления производственными системами в сфере автомобильного транспорта.

Это позволило с меньшим набором данных и меньшими затратами времени дообучить и протестировать модель на реальных изображениях. В результате она показала высокую точность на тестовых данных (таблица 3) при проведении эксперимента в лаборатории института

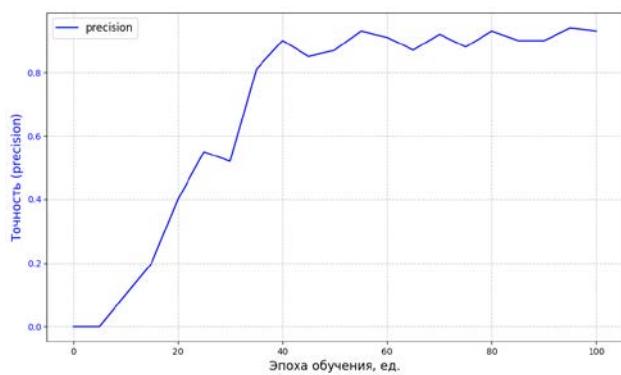


Рисунок 25. Определение точности (precision) модели сверточной нейронной сети YOLO в процессе обучения при 100 итерациях (эпохах)



Рисунок 26. Результат детектирования масляного фильтра обученной моделью на реальном изображении

Разработано восемь частных методик, реализующих методологию повышения эффективности системы управления технической эксплуатацией на предприятиях автомобильного транспорта. Структура методологии представлена в таблице 4.

Таблица 4. Методики, реализующие методологию повышения эффективности системы управления ТЭА на предприятии

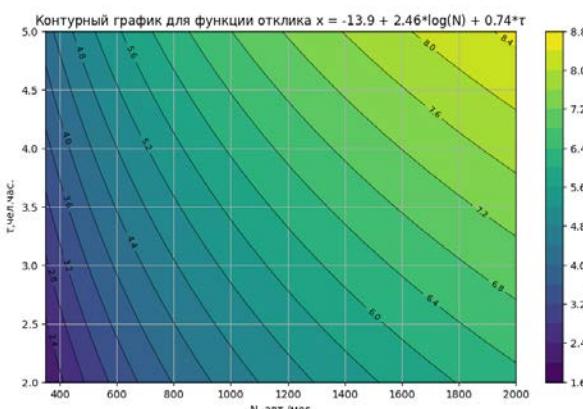
№	Функции	Виды	Методика	Показатель эффективности	Предлагаемые методы
1	Планирование	Стратегическое планирование	M1. Методика планирования технико-экономических показателей деятельности предприятий автомобильного транспорта	Функция приспособленности на основе максимизации показателей рентабельности	Обратная оптимизация на основе генетического алгоритма
				Балльная оценка варианта плана на основе экспертных значений, метод Парето	Обратная оптимизация на основе метода перебора и экспертной оценки варианта
		Оперативное планирование	M2. Методика планирования загрузки зоны технического сервиса станции технического обслуживания	Среднеквадратическая ошибка модели (MSE)	Системная динамика, нейронные сети
			M3. Методика учета неравномерности интенсивности эксплуатации автомобилей в течение года	Среднеквадратическая ошибка модели (MSE)	Прогнозирование с использованием полно связанных нейронных сетей
			M4. Методика планирования потока требований на ресурсы технической службы предприятий автомобильного транспорта	Издержки от функционирования системы массового обслуживания	Гармонический анализ
			M5. Методика управления перечнем услуг по техническому сервису автомобилей на станции технического обслуживания	Чистая рентабельность	Нейронные сети

Продолжение таблицы 4

	Организация	Организационная структура	M6. Методика формирования организационно-производственной структуры предприятия автомобильного транспорта	Затраты на организационную структуру	Иерархия над технологическим графом
2		Производственная структура		Издержки от функционирования системы массового обслуживания	
3	Стимулирование	Стимулирование производственного персонала	M7. Методика формирования структуры системы стимулирования производственного персонала для предприятий автомобильного транспорта	Затраты на стимулирование производственных работников	Метод технико-экономического сравнения и оптимизации, деревья классификации
4	Контроль	Реализация управления	M8. Методика формирования структуры системы контроля реализации технологических процессов на предприятиях автомобильного транспорта	Затраты времени на реализацию основной производственной функции	Имитационное моделирование
		Текущий контроль		Потери от нарушений производственного процесса	Компьютерное зрение

Для каждой подсистемы на основе моделей установленных закономерностей были определены нормативные значения показателей и предложены инструменты практического использования методик. Их применение позволяет сформировать параметры системы управления для вновь сооружаемого предприятия либо скорректировать их значения для существующего предприятия в рамках стратегического и оперативного планирования его деятельности.

Для формирования параметров производственной структуры предприятий наряду с моделями предложено использовать контурные графики (рисунок 27). Они позволяют определить количество технологических звеньев для различных значений влияющих факторов в естественных координатах. Контурные линии на пересечении заданных значений координат графика показывают значение функции отклика. Для наглядности добавлена цветовая дифференциация областей.



Наряду с таблицами нормативов, такие графики разработаны для станций технологического обслуживания автомобилей (на примере) и для автотранспортных предприятий.

Таблица 5. Значения нормы управляемости для станций технического обслуживания автомобилей (фрагмент)

$N$	$r_p$	$k$
100	16,4	-0.037
200	12,7	-0.022
300	10,6	-0.015
400	9,1	-0.012
500	7,9	-0.009

Для организационной структуры предприятий автомобильного транспорта были разработаны нормативы по изменению нормы управляемости (таблица 5).

В основу положены установленные модели закономерностей, представленные на рисунке 17.

Таблицы нормативов представляют собой значения показателя при различных значениях влияющих факторов с установленным шагом его изменения. Поправочный коэффициент  $k$  используется для определения промежуточных значений между соседними нормативами и рассчитывается с использованием линейной интерполяции. Для определения промежуточного значения  $r_p'$  используется

следующая формула:

$$r_p' = r_{p \min} + k \cdot (N_{\max} - N_{\min}), \quad (43)$$

где  $r_{p \min}$ ,  $N_{\max}$ ,  $N_{\min}$  – максимальное и минимальное нормируемое значение показателя из диапазона, включающего  $r_p'$ .

Для выбора базовой системы стимулирования производственного персонала помимо представленных выше иерархических моделей предложено использовать графические модели классификации. Они аналогичны номограммам и представляют собой однородные области, соответствующие границам классов в пределах диапазона варьирования стандартизованных факторов, определяющих разделение на классы. На диаграмме они заполнены одним цветом (рисунок 28).

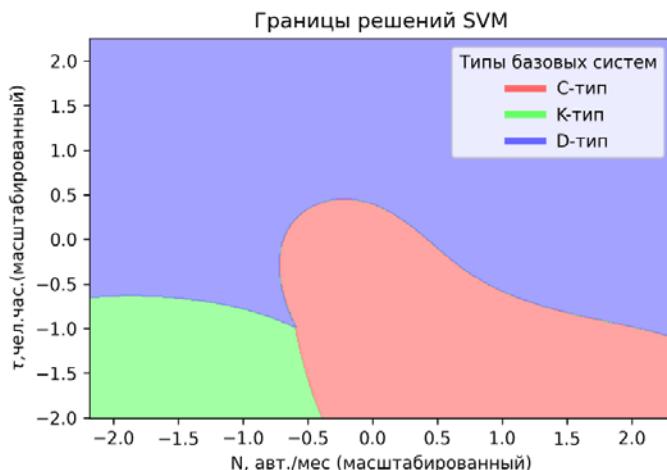


Рисунок 28. Номограмма для выбора типа базовой системы стимулирования для станций технического обслуживания в нормированных координатах  $X_1 - N$ , авт. и  $X_2 - t$ , чел.час., полученная с помощью модели метода опорных векторов (SVM-классификатора), использующего нелинейное ядро

Представленный метод позволяет получить решение при нелинейном разделении данных. Для получения стандартизированного значения

признаков, которые подставляются в модель, необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}, \quad (44)$$

где  $x$  – естественное значение признака;  $\mu$  – среднее значение признака ( $\mu_N=683$ ;  $\mu_\tau=2,8$ );  $\sigma$  – среднеквадратическое отклонение признака ( $\sigma_N=533$ ;  $\sigma_\tau=0,8$ ).

Для реализации инструментов практического использования разработанной методологии разработан комплект программного обеспечения (рисунок 29).



Рисунок 29.  
Перечень разработанного ПО для повышения эффективности ТЭА на предприятии

Он состоит из двенадцати имитационных моделей, представленных в диссертации в виде оригинальных алгоритмов с детальным описанием, и семи прикладных программ, каждая из которых направлена на решение практических задач в рамках определенной подсистемы.

Программа по оценке эффективности функционирования производственной структуры предприятия по техническому сервису автомобилей позволяет рассчитать значения параметров эффективности работы предприятия по техническому сервису автомобилей с заданным вариантом производственной структуры (рисунок 30).

Пользователь задает вариант производственной структуры, указывая типы и количество технологических звеньев, а также параметры функционирования зоны технического сервиса - технологические маршруты обслуживания заявок, трудоемкость обслуживания на каждом технологическом звене и т.п. В результате программа выдает показатели эффективности работы системы, а также функциональную схему производственной структуры.

Практическая значимость заключается в возможности оценки показателей эффективности работы предприятия с заданным вариантом

производственной структуры, что позволяет прогнозировать оптимальную структуру для входящего потока требований с определенными параметрами.

Программный продукт «Система поддержки принятия решений по управлению станцией технического обслуживания автомобилей» реализован в виде клиент-серверного web-приложения и позволяет решать задачи

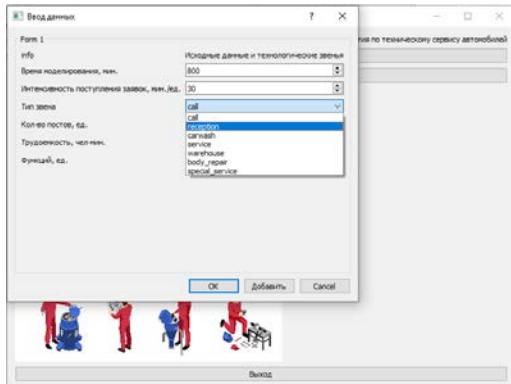


Рисунок 30. Программа по оценке эффективности функционирования производственной структуры предприятия по техническому сервису автомобилей

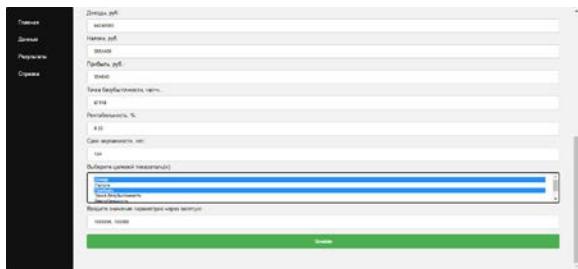


Рисунок 31. Выбор целевых показателей эффективности, в рамках которых будет произведен выбор вариантов принятия решений

После нажатия на кнопку «Simulate» система выдаст те варианты достижения заданных целевых показателей, которые соответствуют условию. Имитационная модель формирует общий перечень возможных сочетаний исходных вариантов и производит имитацию деятельности предприятия для каждого варианта. С помощью встроенной оптимизационной модели система позволяет производить отбор из конечного перечня вариантов, удовлетворяющих условию пользователя. Для этого используется правило Парето с учетом предварительного определения весов вариантов. Программой отсекаются неэффективные варианты, имеющие высокий балл сложности реализации управлеченческого решения. Остаются те, которые позволяют достичь заданного условия с минимальными затратами времени и ресурсов (рисунок 32). Пользователь имеет возможность ознакомиться с итоговым перечнем предложенных системой вариантов, изучив их технико-экономические показатели. Лицо, принимающее решения, может руководствоваться перечнем значений представленного на рисунке списка

обратной многофакторной оптимизации при планировании деятельности технической службы предприятия (рисунок 31). Программа предназначена для определения целевых параметров работы станции технического обслуживания при заданном пользователем условии. Она позволяет определить, при каких исходных значениях факторов можно достичь определенных технико-экономических показателей работы предприятия, например, дохода или прибыли.

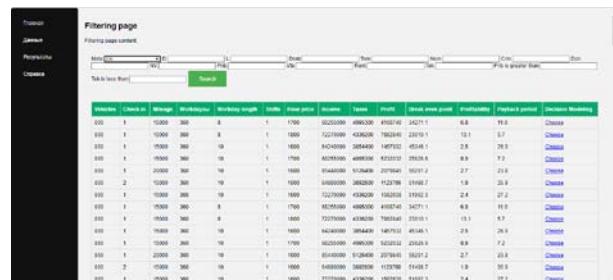


Рисунок 32. Просмотр и фильтрация значений параметров каждого из предложенных системой вариантов

вариантов как целевым для изменения стратегии и тактики работы станции технического обслуживания.

Расчетный экономический эффект от использования предложенных методик достигается за счет увеличения пропускной способности системы и снижения издержек, связанных с неэффективной работой системы управления. Он равен 1,2 млн. рублей в месяц для одного предприятия или 941 рубль на каждый обслуженный автомобиль. Срок окупаемости не превышает полугода.

В **заключении** диссертации приводятся основные выводы выполненных исследований, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, была решена научная проблема выявления и научного обоснования закономерностей адаптации структуры управления технической эксплуатацией автомобилей на предприятии к изменению влияющих на систему внешних факторов.

1) Разработана концепция формирования структуры управления технической эксплуатацией на предприятии автомобильного транспорта. Одно из ключевых положений заключается в том, что поддержание динамического равновесия между входящим и исходящим потоком требований на техническое обслуживание и ремонт автомобилей возможно реализовать за счет внутренних параметров системы управления технической эксплуатацией, типология которой представлена совокупностью подсистем планирования, организации, стимулирования и контроля.

2) Определена граница и структура системы управления технической эксплуатацией. Система базируется на определении реализуемого технической службой перечня и объема технических воздействий по техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава, на основании которого формируется организационно-производственная структура предприятия, определяющая подходы к стимулированию и контролю.

3) Выявлены закономерности процессов изменения структуры управления технической эксплуатацией автомобилей под действием таких факторов, как интенсивность поступления автомобилей в зону технического сервиса, вид технических воздействий по ТО и Р, списочный состав парка автомобилей и интенсивность эксплуатации парка техники. Закономерности структурированы на шесть типов по четырем функциям управления: закономерности формирования подсистемы планирования, подсистемы организации, подсистемы стимулирования и подсистемы контроля.

4) Установлен вид и оценены численные значения параметров математических моделей, описывающих закономерности процессов изменения структуры управления технической эксплуатацией автомобилей. Для их аппроксимации использованы современные методы машинного обучения и искусственного интеллекта: методы гармонического, кластерного, корреляционно-регрессионного анализа, деревьев классификации, полносвязных искусственных нейронных сетей.

5) Разработаны оригинальные алгоритмы, реализованные в комплексе программного обеспечения для моделирования закономерностей изменения структуры управления технической эксплуатацией автомобилей. Оно включает двенадцать имитационных моделей и семь прикладных программных продуктов.

6) Разработана методология повышения эффективности работы предприятия на основе закономерностей процессов изменения структуры управления технической эксплуатацией автомобилей. Методология реализована в восьми частных методиках, включающих методику формирования организационно-производственной структуры предприятия автомобильного транспорта; методику планирования технико-экономических показателей деятельности предприятий автомобильного транспорта; методику планирования потока требований на ресурсы технической службы предприятий автомобильного транспорта; методику планирования загрузки зоны технического сервиса станции технического обслуживания; методику управления перечнем услуг по техническому сервису автомобилей на станции технического обслуживания; методику учета неравномерности интенсивности эксплуатации автомобилей в течение года; методику формирования структуры системы стимулирования производственного персонала для предприятий автомобильного транспорта и методику формирования структуры системы контроля реализации технологических процессов на предприятиях автомобильного транспорта. Произведена оценка экономической эффективности разработанных частных методик.

7) Дальнейшие исследования по данной теме следует направить на расширение перечня изучаемых факторов и оценку их влияния на эффективность системы управления технической эксплуатацией, а также на совершенствование методологии формирования организационно-производственных структур для различных типов предприятий автомобильного транспорта.

## **СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:**

### **Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ:**

1. Козин, Е.С. Система идентификации водителя транспортного средства на основе биометрических данных / Е.С. Козин, А.В. Базанов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. - 2020. - № 4. - С. 133-142 (К2).

2. Козин, Е.С. Система поддержки принятия решений по управлению станцией технического обслуживания автомобилей / Е.С. Козин // Транспорт Урала. - 2022. - №3 (74). – С.73-77 (К2).

3. Козин, Е.С. Система поддержки принятия решений по управлению технической эксплуатацией автомобильного транспорта / Е.С. Козин, А.В. Базанов // Мир транспорта и технологических машин. - 2023. - №1-2(80). - С.9-17 (К2).

4. Козин, Е.С. Моделирование закономерностей реализации управлеченческих решений на предприятиях автомобильного транспорта / Е.С. Козин, Н.С. Захаров // Транспортное дело России. - 2023. - №3. – С. 275-278. (К2).
5. Козин, Е.С. Использование искусственных нейронных сетей для мониторинга работы производственной зоны автосервиса / Е.С. Козин, Н.С. Захаров // Мир транспорта и технологических машин. - 2023. - №3-3(82). - С.123-130 (К2).
6. Козин, Е.С. Контроль выполнения технологического процесса обслуживания и ремонта автомобилей с использованием нейронных сетей / Е.С. Козин, Н.С. Захаров // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. - 2023. - №4 (60). С. 43-51 (К2).
7. Козин, Е.С. Моделирование изменения интенсивности эксплуатации автомобилей в течение года / Е.С. Козин, А.В. Мальшаков // Транспортное машиностроение. - 2024. - №1 (25). - С. 64-71 (К2).
8. Козин, Е. С. Оптимизация организационной структуры предприятий автомобильного сервиса / Е. С. Козин // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 1-3(88). – С. 82-89 (К2).
9. Козин, Е.С. Технологическое проектирование станций технического обслуживания автомобилей с использованием генетических алгоритмов / Е.С. Козин, Н.С. Захаров // International Journal of Advanced Studies. - 2024. - 14(2). - С. 104-122 (К2).
10. Козин, Е.С. Модель функции стимулирования при управлении техническим обслуживанием и ремонтом автомобилей / Е.С. Козин // Транспорт Урала. - 2024. - №3 (82). – С. 56-60 (К2).
11. Козин, Е.С. Программно-целевой подход к повышению эффективности системы управления технической эксплуатацией автомобилей / Н. С. Захаров, Е. С. Козин // Транспортное дело России. – 2025. – № 1. – С. 115-118 (К2).
12. Козин, Е. С. Модель реализации системы контроля производственного процесса на предприятии технического сервиса автомобилей / Е. С. Козин // International Journal of Advanced Studies. – 2025. – Т. 15, № 2. – С. 229-251 (К2).
13. Козин, Е. С. Моделирование закономерностей формирования производственной структуры предприятий автомобильного транспорта / Н. С. Захаров, Е. С. Козин // Мир транспорта и технологических машин. – 2025. – № 2-2(89). – С. 11-19. (К2).

### **Монографии:**

14. Системы поддержки принятия решений на транспорте / Е. С. Козин, Н. С. Захаров, А. А. Панфилов, Д. М. Вохмин. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. – 170 с.
15. Козин, Е. С. Беспилотные технологии на автомобильном транспорте / Е. С. Козин, А. В. Базанов. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. – 179 с.

**Публикации в изданиях, индексируемых международной системой цитирования Scopus/Web of Science:**

16. Kozin, E.S. Digital Model of a Transport Enterprise: the role of intensity and operating conditions of vehicles / E. S. Kozin // Digital Transformation in industry. Lecture Notes in Information Systems and Organization. - 2023 - Vol.61 – P. 239-252. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-30351-7\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-031-30351-7_19).

17. Kozin, E. S. Decision support system for the management of a vehicle service workshop / E. S. Kozin // Journal of Management & Technology. – 2023. – Vol. 23, No. S. – P. 88-102. <https://doi.org/10.20397/2177-6652/2023.v23i1.2585>.

18. Kozin E.S. Operational management of production for car maintenance and repair using Digital Twin Technology / E. S. Kozin // The Future of Industry. Lecture Notes in Information Systems and Organisation, vol 70. Springer, Cham. - 2024. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-66801-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-031-66801-2_14).

**Свидетельства РФ о государственной регистрации программ для ЭВМ:**

19. Козин Е.С. Система поддержки принятия решений по управлению станцией технического обслуживания автомобилей (DSS\_web\_application) / Е. С. Козин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. - №2022664682 от 03.08.2022.

20. Козин Е.С. Программа по определению и оценке эффективности организационной структуры предприятия по техническому сервису автомобилей / Е. С. Козин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. - №2024691355 от 20.12.2024.

21. Козин Е.С. Программа по оценке эффективности функционирования производственной структуры предприятия по техническому сервису автомобилей / Е. С. Козин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. - № 2025611639 от 22.01.2025.

22. Козин Е.С. Программа по оценке эффективности системы контроля производственных процессов предприятия по техническому сервису автомобилей / Е. С. Козин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. - № 2025612479 от 30.01.2025.

23. Козин Е.С. Виртуальный тренажер для имитации работы производственного персонала согласно операционно-постовой карты технологического процесса технического обслуживания и ремонта автомобиля / Е. С. Козин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. - № 2025618413 от 03.04.2025.

24. Козин Е.С. Программа по оценке эффективности системы стимулирования производственных рабочих предприятия по техническому сервису автомобилей / Е. С. Козин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. - № 2025614449 от 21.02.2025.

25. Козин Е.С. Time Tracking Software (TTS) / А.А. Зиганшин, Р.А. Зиганшин, Н.С. Захаров, Ю.Н. Штанов, Е.С. Козин // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. - № 2025619209 от 14.04.2025.

### **Научные статьи в других изданиях, прочие публикации:**

26. Козин, Е. С., Бауэр, В.И. Обзор зарубежных исследований по повышению эффективности эксплуатации автомобильного транспорта. «Транспортные и транспортно-технологические системы». Материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень, ТюмГНГУ, 2014. - С. 83-86.
27. Козин, Е. С. Анализ процессов использования транспортных и технологических машин в нефтегазовой отрасли / Е.С. Козин, А.В. Базанов, В.И. Бауэр // «Наземные транспортно-технологические комплексы и средства». Материалы Международной научно-технической конференции. Под общей редакцией Ш.М. Мерданова. – Тюмень, ТИУ, 2017. - С. 42-45.
28. Козин, Е. С. Анализ возрастной структуры парка транспортных средств и специальной техники предприятий нефтегазового сектора / Е.С. Козин, А.В. Базанов, В.И. Бауэр, Е.Г. Кречетников // В сборнике: Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. ред. Н. С. Захаров. 2018. - С. 163-167.
29. Козин, Е. С. Методика оценки эффективности использования техники в цехах по добыче нефти и газа в Западной Сибири / Е.С. Козин, А.В. Базанов, В.И. Бауэр, Е.Г. Кречетников // Транспортные и транспортно-технологические системы : Материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 19 апреля 2018 года / Отв. ред. Н. С. Захаров. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2018. – С. 163-167.
30. Козин, Е. С. Оценка эффективности использования техники в производственных подразделениях / Е.С. Козин, А.В. Базанов, Е.Г. Кречетников // В сборнике: Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. В 2-х томах. Ответственный редактор А.В. Медведев. 2018. - С. 248-251.
31. Козин, Е. С. Использование системы компьютерного зрения для решения проблемы учета времени водителей / Е. С. Козин, Е.И. Макаров // В сборнике: Нефть и газ: технологии и инновации. Материалы Национальной научно-практической конференции. Отв. редактор П.В. Евтин. 2019. - С. 156-158.
32. Козин, Е. С. Разработка web-приложения по имитационному моделированию процессов эксплуатации автомобильного транспорта / Е.С. Козин // В сборнике: Проблемы функционирования систем транспорта. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Отв. редактор П.В. Евтин. Тюмень, 2022. - С. 143-147.
33. Козин, Е. С. Структура системы поддержки принятия решений по управлению технической эксплуатацией автомобилей / Е.С. Козин // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции. Ижевск, 2022. - С. 83-86.

34. Козин, Е. С. Применение систем поддержки принятия решений на транспорте / Е.С. Козин // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. В 2-х томах. Тюмень, 2022. - С. 187-190.
35. Козин, Е. С. Использование нейронных сетей для распознавания запасных частей для обслуживания автомобилей / Е. С. Козин, А. В. Мальшаков // Научная территория: технологии и инновации : Материалы Международной научно-практической конференции, Тюмень, 21–24 ноября 2023 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 215-217.
36. Kozin, E.S. Simulation of vehicle maintenance and repair workshop / E. S. Kozin, N.O. Sapozhenkov // APRN Journal of Engineering and Applied Sciences (JEAS). – 2023. - Vol.18 No.5. <https://doi.org/10.59018/032370>.
37. Козин, Е. С. Использование сверточных нейронных сетей для контроля состояния сервисной зоны по обслуживанию и ремонту автомобилей / Е. С. Козин // Новые технологии - нефтегазовому региону : Материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х томах, Тюмень, 22–25 мая 2023 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 89-91.
38. Козин, Е. С. Контроль качества производства технического обслуживания и ремонта автомобилей с использованием искусственного интеллекта / Е. С. Козин, В. А. Ракитин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 12. – С. 297-300.
39. Козин, Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобилей с использованием рекуррентных нейронных сетей / В. П. Назаров, Е. С. Козин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 12. – С. 338-341.
40. Козин, Е. С. Многокритериальная оптимизация управления процессами технического обслуживания и ремонта автомобилей с использованием систем поддержки принятия решений / В. П. Назаров, Е. С. Козин, Е. И. Макаров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 12. – С. 342-345.
41. Сокращения непроизводительных потерь времени ремонтными рабочими автотранспортных предприятий / А. А. Зиганшин, Н. С. Захаров, Р. А. Зиганшин, Е. С. Козин // Технические и технологические системы : материалы XV Международной научной конференции, Краснодар, 20–22 ноября 2024 года. – Краснодар: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом - Юг", 2024. – С. 48-49.
42. Козин, Е. С. Использование искусственных нейронных сетей при моделировании интенсивности эксплуатации автомобилей / Е. С. Козин, В. И. Бауэр // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 7. – С. 152-155.