СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(СФНЦА РАН)

На правах рукописи

СИДОРЕНКО МАКСИМ НИКОЛАЕВИЧ

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
канд. техн. наук, доцент
Иванников Алексей Борисович

Краснообск – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ..... 4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ..... 11
1.1 Информационные технологии в системе технического сервиса.....11
1.2 Роль системы технического обслуживания в повышении эффективности использования грузовых автомобилей в условиях АПК..... 13
1.3 Прогнозирование как способ оценки индивидуального остаточного ресурса грузовых автомобилей 18
1.3.1 Роль и влияние прогнозирования на состояние технического сервиса грузовых автомобилей в сервисном обслуживании 23
1.3.2 Стратегия прогнозирования остаточного ресурса грузовых автомобилей в системе технического обслуживания..... 26
1.4. Обзор оснащенности грузовыми автомобилями сельскохозяйственных товаропроизводителей Новосибирской области..... 29
1.5 Выводы, цель и задачи 31
2.1 Программно-алгоритмическое и информационное обеспечение прогнозирования..... 32
2.2 Обоснование требований к усовершенствованной системе программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей..... 36
2.3 Обоснование общей структуры усовершенствованной системы программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей..... 38
2.4 Информационная модель усовершенствованной системы программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей..... 45
2.5 Методика решения задач прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей с использованием усовершенствованной системы программно-алгоритмических и информационных средств 51
2.6 Обоснование алгоритма использования усовершенствованной системы по назначению..... 55
2.7 Выводы по главе..... 57
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ..... 58
3.1 Программа экспериментальных исследований..... 58

3.2 Функциональная схема усовершенствованной системы ПАИС 58
3.3 Методика проведения лабораторных испытаний 60
3.4 Методика проведения производственной проверки системы 61
3.5 Методика обработки результатов экспериментальных исследований 65
3.6 Выводы по главе 66
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 68
4.1 Производственная база проведения эксперимента 68
4.2 Прототип усовершенствованной системы ПАИС 71
4.3 Результаты производственной проверки 82
4.4 Выводы по главе 84
5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ 86
5.1 Выводы по главе 89
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 90
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ 92
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 96
Приложение А 113
Приложение Б 118
Приложение В 120
Приложение Г 122
Приложение Д 123
Приложение Е 126

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В современных условиях такие показатели эффективности агропромышленного комплекса (АПК), как производительность труда, объем производимой продукции, ее возможные потери и другое, существенно зависят от технического состояния автопарка.

Техническое обслуживание и техническое диагностирование грузовых автомобилей, постоянно развиваются и соответственно корректируются, в силу сложности и многогранности операций обслуживания грузовых автомобилей, возможны и снижения качества их обслуживания, что нередко наблюдается на практике. Одним из путей устранения указанных сложностей и совершенствования организации технического обслуживания грузовых автомобилей является применение цифровых технологий для реализации операций технической диагностики в процессе непосредственного выполнения операций обслуживания грузовых автомобилей. Однако в данной сфере практически отсутствуют доступные приемы и методы использования таких средств. Поэтому разработка приемов и методов прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей с использованием указанных средств является одной из актуальных задач современной инженерной науки.

Выполнение операций диагностирования может быть усовершенствовано применением прогнозирования технического состояния или остаточного ресурса узлов и агрегатов грузовых автомобилей. Операции технического диагностирования весьма эффективны в процессе технического обслуживания грузовых автомобилей во взаимоувязке с прогнозированием параметров технического состояния агрегатов и узлов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования. Из-за значительной трудоемкости и сложности вычислений по прогнозированию, отсутствия систематизированных данных по реализации, указанный метод не получил широкого практического применения.

Из изложенного сформулирован вывод о том, что одним из путей совершен-

ствования организации выполнения операций технического обслуживания и диагностирования является использование полного комплекта интегрированной электронной документации, а также средств индивидуализированного прогнозирования технического состояния агрегатов и узлов грузовых автомобилей по результатам их технической диагностики.

Применение компьютерных технологий позволяет обрабатывать информационные потоки и формировать информационную базу данных технической эксплуатации автомобилей, включающую в себя информационно-справочные базы данных, информационные системы диагностирования и прогнозирования, что является одним из резервов повышения работоспособности машин.

Данная работа направлена на реализацию указанного пути, является актуальной и имеет важное значение в развитии агропромышленного комплекса.

Степень разработанности темы. Исследование процесса управления техническим состоянием машин позволяет нам определить роль и необходимость использования усовершенствованной информации для принятия решения. В случае управление техническим состоянием конкретной машины включает измерение параметров состояния ее узлов, систем и агрегатов, сравнение установленных значений с допускаемыми или предельными величинами, определение остаточного ресурса узлов, систем и агрегатов, назначение вида и объема ремонтно-обслуживающих воздействий.

Основным методом выполнения контрольных работ является диагностирование, которое предназначено для определения технического состояния автомобиля, его узлов, агрегатов, систем без разборки и является технологическим элементом технического обслуживания.

В работах Дидманидзе О.Н., Сусарева С.В. определены научные основы реструктуризации и построения ремонтно-обслуживающей базы АПК [89, 14]. Гиберт А.И. рассматривает оперативную проверку технического состояния машин с целью своевременного восстановления параметров [15]. В работах ученых Москвичева Д. А., Хакимова Р. Т., приводятся оценки достоверности эксперименталь-

ных данных технического обслуживания модульного транспорта сельскохозяйственного назначения в структурах АПК [50].

На протяжении многих лет в Сибирском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (СибИМЭ) СФНЦА РАН производится работа по внедрению информационных технологий с целью совершенствования процессов технического обслуживания и диагностирования сельскохозяйственной техники. Наиболее значительный вклад в разработку данной тематики внесли: Голиченко В.И., Добролюбов И.П., Коротких В.В., Криков А.М, Лившиц В.М., Моносзон А.А., Натарзан В.Н., Немцев А.Е., Павлов Б.В., Привалов П.В., Радченко Ю.Г., Симонов В.А. и другие [5, 13, 16, 33, 51, 52, 61, 65, 66, 75, 97, 114].

На современном этапе, с развитием информационных технологий, вопросы совершенствования технического обслуживания и ремонта вызывают интерес у многих исследователей в этой области [8, 10, 23, 29, 31, 39, 62, 92 и др.]. Однако эти материалы во многих случаях имеют обобщенный характер, пользователь должен хорошо владеть сведениями об особенностях проведения операций технической диагностики применительно к конкретной модели машин. Это обуславливает достаточно высокий уровень подготовки специалиста по обслуживанию автомобилей, причем не всегда есть возможность оперативно вносить новую информацию по модернизации и конструктивным изменениям в конкретную марку автомобиля. Тем не менее авторы этих исследований схожи во мнении, что совершенствование прогнозирования технического состояния и остаточного ресурса узлов и агрегатов грузовых автомобилей является важной, далеко не реализованной научной задачей.

Цель работы - повышение эффективности прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей путем использования результатов их технического диагностирования, с внедрением системы программно – алгоритмических и информационных средств.

Задачи исследования:

1. Обосновать возможность усовершенствования прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей при помощи цифровых

технологий на основе результатов их технического диагностирования.

2. Разработать информационную (цифровую) модель системы прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей с учетом результатов их технического диагностирования.

3. Усовершенствовать систему программно – алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей.

4. Провести производственное испытание и оценить эффективность результатов исследований.

Объект исследования – процесс прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технической диагностики.

Предмет исследования – закономерности процесса прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технической диагностики.

Научную новизну работы составляют:

- информационная модель усовершенствованной системы прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей;
- усовершенствованная система программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования;
- оригинальные результаты производственной проверки усовершенствованной системы программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в обоснованном совершенствовании методов прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей при помощи цифровых технологий на основе результатов их технического диагностирования. Это позволяет повысить точ-

ность и уменьшить трудоемкость расчетных операций прогнозирования и формировать рекомендации по корректировке состава технических воздействий на обслуживаемый грузовой автомобиль.

Методология и методы исследования. Общая методология исследований основана на системном подходе, обеспечивающим взаимосвязь методов анализа данных (статистических, многомерных, имитационных и детермированных) и прогнозирование технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования.

Положения, выносимые на защиту:

- информационная модель усовершенствованной системы прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей;
- усовершенствованная система программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирование технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования в сфере электронных таблиц офисного пакета программ;
- обоснованные номинальные и предельные значения параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей семейства ГАЗ.

Степень достоверности результатов исследования. Достоверность подтверждается необходимым и достаточным количеством теоретических и экспериментальных исследований; использованием современных нормативных документов, ГОСТов, поверенных приборов и оборудования; сопоставлением результатов, полученных теоретическими и экспериментальными исследованиями; совпадением полученных результатов исследований с данными других ученных по соответствующей тематике; проверкой полученных результатов в производственных условиях; одобрением результатов исследования на конференциях и семинарах различного уровня; публикацией основных результатов исследования в соответствующих научных журналах.

Реализация результатов исследования. Материалы диссертационного исследования внедрены в образовательный процесс Новосибирского военного ордена

Жукова института войск национальной гвардии [приложение Б], ФГБОУ ВО Университет биотехнологий (г. Новосибирск) [приложение Д] и Военной академии материально-технического обеспечения (г. Омск) [приложение В].

На базе ЗАО «Новомайское» Краснозёрского района Новосибирской области, проведён производственный эксперимент по внедрению результатов исследования, по итогам которого стало возможным сформировать усовершенствованную систему программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей в окончательном, рабочем, виде [приложение Г].

Апробация результатов исследования. Достоверность обеспечена проведением необходимого и достаточного объёма теоретических и экспериментальных исследований. Основные положения и результаты исследовательской работы доложены, обсуждены и одобрены на международных и всероссийских конференциях: II Всероссийской научно-практической конференции (Новосибирск, 2018 г.); Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Горно-Алтайского государственного университета (Горно-Алтайск, 2019 г.); Международных научно-технических конференциях (Краснообск, 2019-2024 гг.); XVIII Международной научно-практической конференции (Барнаул, 2023 г.); V межвузовской научно-технической конференции с международным участием посвященной 80-летию Победы в Великой Отечественной войне (Новосибирск, 2025 г.); XXVIII Международном научно-практическом форуме при поддержке Исполнительного комитета СНГ «Аграрная наука – сельскохозяйственному производству СНГ и BRICS (Краснообск, 2026 г.).

Публикации. По теме диссертационного исследования опубликовано 11 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, входящих в перечень ВАК РФ. Общий объем публикаций составляет 2,82 п.л., из них лично соискателю принадлежит 1,5 п.л.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 120 источников и приложений. Общий объем работы составляет 131 страница машинописного текста, в том числе 7

таблиц, 24 рисунка и 6 приложений.

Диссертация выполнена в соответствии с планом НИР СФНЦА РАН в рамках государственных тем № 0533-2021-0012 «Обосновать и разработать системы инженерного, технологического и энергетического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции и утилизации отходов животноводства, обеспечивающих снижение совокупных затрат, на основе использования новых физических, технико-технологических методов воздействия на биологические объекты и цифровых технологий управления продукционными и технологическими процессами в условиях Сибири» и № 0533-2024-0004 «Разработка и обоснование программно-технических и инженерно-технологических решений для обеспечения производства сельскохозяйственной продукции, в том числе продукции животноводства и переработки отходов. В том числе разработка методов контроля и средств измерений физических и физико-химических параметров почв, окружающей среды, сельскохозяйственных и садовых культур».

Автор выражает искреннюю благодарность за методическую и практическую помощь в проведении исследований по теме диссертации доктору технических наук, профессору Крикову Аркадию Максимовичу.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Информационные технологии в системе технического сервиса

Основной составляющей технического сервиса является система технического обслуживания и ремонта, направленная на поддержание автомобильной техники в работоспособном состоянии, обеспечение высокой степени технической готовности машинно-тракторного парка к выполнению работ в сельском хозяйстве, снижение доли приведенных затрат в себестоимости производимой продукции. Совершенствование процессов технического диагностирования за счет усовершенствованного прогнозирования состояния узлов и агрегатов в системе технического обслуживания и ремонта является одним из наиболее важных элементов Стратегии машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года [92], способное обеспечить поддержание исправного состояния, имеющегося парка машин и подготовить условия для пропорционального использования поступающей техники.

Вопросы цифровизации технического сервиса, в том числе и в АПК находят отражения во многих исследованиях, к примеру, в диссертации Ворнакова Д.В. разработана обобщенная методика формирования и использования баз данных на основе знаний специалистов, включающая в себя методику оценки и отбора экспертов, методику оценки и отбора информации для формирования баз данных, методику распределения документов по тематикам и их значимости, методику поиска необходимой и достаточной специалисту информации. Разработан программный продукт, позволяющий специалисту и руководителю получать необходимую и достаточную информацию для принятия решения [31]. Основное отличие разработанного диагностического комплекса заключается в том, что программа, инсталлированная в любой персональный компьютер с небольшим количеством преобразующих элементов, позволяет не просто визуально наблюдать за процессами в диагностируемых объектах, но анализировать и делать вывод по результатам диагностики.

В работе [23] авторский коллектив исследует методы прогнозирования ресурса гидравлических насосов экскаваторов, а в работе Черепанова А.П. исследуется методы и способы повышения качества работ по техническому обслуживанию

машин, с имеющимися на сегодняшний день техническими средствами информационной поддержки с применением новых информационных технологий [29].

Агафоновым А.В., Алтуховым А.И., разработана технология ТО машин, в основу, которой положено пять принципов, которые являются фундаментом ресурсосберегающей политики, основными рычагами технического прогресса в области ТО и ремонта машин [1, 2].

Существенный вклад в развитие системы ТО машин сельскохозяйственного назначения внесли исследователи и учёные Альт В.В., Лившиц В.М., Конкин Ю.А., Любов В.И., Пасечников Н.С., Хабардин В.Н. и многие другие [3, 36, 53, 52, 71, 78, 90, 102]. К примеру, Федоров С.П. исследовал совершенствование технологии ТО внедрением прогрессивной формы труда, как бригадный подряд, а также организованным технологическим процессом позволяющим значительно сократить простои сельскохозяйственной техники во время ТО, повышающим ответственность персонала за качество выполняемых работ [100].

С развитием технического диагностирования в системе ТО и интегрирования в эту систему компьютерных технологий, возникла идея возможности прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов машин по результатам технического диагностирования. Эта концепция сразу получила одобрение у многих исследователей и была признана довольно перспективным направлением научный деятельности. Вопросы цифровизации прогнозирования технического состояния сельскохозяйственной техники подробно исследуются в работах Баженова Ю.В., Дидманидзе О.Н., Задиран К.С., Крикова А.М., Крамаренко Т.А., Кузнецовой Э.В. Михлина В.М., Назаренко А.С., Степанова С.Г., Юдина М.И., Юхина И.А. и многих других исследователей. [5, 22, 28, 38, 40, 41, 43, 47, 53, 61, 63, 77, 114, 115 и др.]

На современном этапе повышение эффективности системы ТО и ремонта напрямую зависит от внедрения в эту систему цифровых технологий, которые позволяют значительно сократить временные нормативы на проведения отдельных операций, с одновременным снижением себестоимости работ и повышением качества их реализации. На основе выполненного анализа по существу исследования, к основным направлениям цифровизации технического сервиса МТП условно можно

отнести следующие:

1. Внедрение цифровых технологий в систему планирования и контроля за эксплуатацией МТП (диспетчерская служба, контроль на линии и т.д.).

2. Внедрение цифровых технологий в систему ТО и ремонта МТП (учёт периодичности, формирование планов годового обслуживания и т.д.)

3. Внедрение цифровых технологий в непосредственные операции ТО (цифровые диагностические стенды, диагностические сканнеры и т. д.).

4. Разработка программного обеспечения для прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов МТП, а также для специализированных машин и сельскохозяйственной техники.

5. Разработка фирменных (дилерских) компьютерных сетей и цифровых продуктов для реализации фирменного ТО по конкретным маркам и моделям МТП.

6. Разработка комплексных программ (софта) для управления инженерно-технической службой предприятия.

1.2 Роль системы технического обслуживания в повышении эффективности использования грузовых автомобилей в условиях АПК

В повышении эффективности эксплуатации машин, рациональном использовании ресурса машин, своевременном выявлении и предотвращении отказов большая роль принадлежит техническому обслуживанию и технической диагностики. Задача повышения эффективности этой работы, как описано выше, может быть решена при совершенствовании методов и средств ТО и ремонта, а также внедрением цифровых технологий.

Известно, что численность автомобильного парка в АПК значительно превосходит численность грузовых автомобилей парка общего пользования и составляет около 80%. Отсюда вытекает ряд проблем эффективности производственной деятельности, с которыми сталкиваются как гиганты сельскохозяйственной отрасли, так и небольшие, частные компании.

Взаимосвязь эффективности производственно-хозяйственной деятельности

предприятий зависит от многих показателей. При этом техническое состояния автомобилей, на первый взгляд, не оказывает прямого влияния на эффективность деятельности предприятия, однако при более детальном рассмотрении становится очевидным, что практически весь комплекс мероприятий сельскохозяйственного предприятия зависит от грузоперевозок различного уровня, а вот обеспечение этих перевозок напрямую зависит от технической готовности подвижного состава к бесперебойной и безотказной работе. К примеру, в работе [99] автор показывает взаимосвязь технической эксплуатации автомобилей (ТЭА) с эффективностью работы автотранспорта и эффективностью предприятия в целом (Таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Эффективность работы автомобильного транспорта

Ранги управления	Эффективность работы автомобильного транспорта			
Показатели эффективности автомобильного транспорта	Прирост конечного продукта: объем перевозок, производительность, прибыль	Себестоимость перевозок	Производительность труда на перевозках	Безопасность транспортного процесса
Показатели эффективности ТЭА	Уровень работоспособности парка	Затраты на поддержание работоспособности парка	Производительность труда персонала, обеспечивающего работоспособность парка	Уровень влияния на экологическую и дорожную безопасность транспортного процесса
Уровень влияния ТЭА	25-27%	22-26%	20-36%	24-34%

Продолжение таблицы 1.1.

Ранги управления	Эффективность работы автомобильного транспорта			
Частные показатели эффективности подсистем ТЭА	Коэффициент технической готовности; наработка на отказ; вероятность безотказной работы в течение смены, рейса; ресурс до контрольного ремонта и списания; простои в ремонте по цехам, участкам АТП и др.	Затраты на ТО и ТД по статьям затрат; агрегатам, цехам и участкам; видам ТО и ТД; видам материалов и запасных частей	Производительность труда ремонтного персонала в целом, по цехам и участкам АТП, видам ТО и Р и др.	Наработка на ДТП, наработка на отказы элементов, влияющих на безопасность движения и окружающую среду

Одним из путей повышения эффективности работы автотранспорта является предупредительная работа по ремонту или замене каких-либо деталей, узлов или агрегатов, диагностические параметры которых близки к предельным [1, 33]. Такая работа возможна при внедрении систем прогнозирования технического состояния на основе данных, учитывающих, в том числе, скорость изменения диагностических параметров конкретной детали, узла или агрегата машины [5,40, 47,61 и др.]. В современных экономических условиях такая работа, возможно, является единственно верной, т.к. позволяет значительно снизить количество отказов при проведении напряженных весенних и летне-осенних полевых работ, что уже напрямую оказывает влияние на производительность труда и эффективность функционирования сельскохозяйственного предприятия в целом.

Своевременное и качественно прогнозирование параметров технического состояния узлов и агрегатов автомобиля должно стать неотъемлемой частью эксплуатации автомобильной техники в общем и системы ТО, в частности, т.к. оно может оказать значительный положительный вклад в такие направления ТЭА, как:

- обеспечение технической готовности машин к использованию;

- обеспечение безопасности дорожного движения;

- устранение причин, вызывающих преждевременный износ, старение, разрушение, неисправности и поломки составных частей и механизмов;

- надёжная работа МТП в течение установленных межремонтных ресурсов и сроков их службы до ремонта и списания;

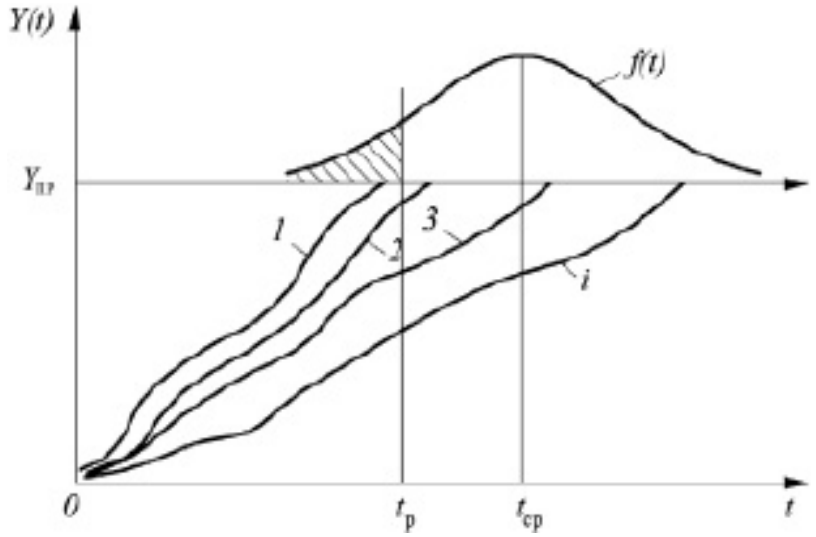
- снижение расхода эксплуатационных материалов.

Прогнозирование остаточного ресурса – обоснованное суждение о возможном состоянии сборочных узлов и агрегатов машин в будущем или об альтернативных путях и сроках их осуществления, т.е. ее наработку от момента диагностирования параметра до момента получения им предельного значения, если известны нормативные значения диагностических параметров [5].

Прогнозирование остаточного ресурса параметров технического состояния проводится с целью определения наработки объекта с момента технического диагностирования его состояния до достижения им предельного состояния с заданной вероятностью безотказной работы [25, 28].

На начальной стадии создания автомобиля (проектирование и конструирование) оценку его ресурса осуществляют в основном по результатам конструкторских расчетов и статистических данных об его аналогах. Прогнозируемый при этом ресурс является заданной величиной, соответствующей некоторой вероятности, с которой ресурс должен быть реализован в эксплуатации [31].

В реальных условиях эксплуатации ресурс автомобиля из-за воздействия на него множества случайных факторов варьирует в довольно широких пределах и характеризуется дифференциальной функцией распределения наработок до предельного состояния $f(t)$ (Рисунок 1.1). Поэтому на стадии проектирования в качестве прогнозируемого ресурса в технической документации указывается некоторый средний ресурс $t_{ср}$ – математическое ожидание наработки автомобиля до предельного состояния $Y_{пр}$ [54].



$t_{ср}$ – средний ресурс элемента до отказа до предельного состояния $Y_{пр}$; *1, 2, 3, i* - фактическое изменение параметра; $t_р$ - наработка параметра, устанавливаемого нормативно-технической документацией.

Рисунок 1.1 – Графическая интерпретация реализации автомобилем прогнозируемого ресурса:

Предельного состояния автомобиль достигает в момент пересечения реализацией $Y_{(t)}$ уровня $Y_{пр}$, устанавливаемого нормативно-технической документацией. Фактические моменты достижения объектами этого состояния могут существенно различаться в зависимости от их индивидуальных свойств и условий эксплуатации. Поэтому ресурс объекта следует считать случайной величиной, он может быть описан только вероятностными моделями. В качестве такой модели обычно используется плотность распределения наработок объекта до предельного состояния. В этом случае теоретическое значение среднего ресурса автомобиля от начала его эксплуатации до его списания может быть определено из выражения [61]:

$$t_{ср} = K\sqrt[\alpha]{u_п / v_0} \qquad (1.1)$$

где $f(t)$ – плотность распределения наработки до предельного состояния.

K – коэффициент, полученный на основе использования теоремы преобразования случайных величин;

v_0 – среднее значение v_c;

$u_П$ - фактическое изменение параметра.

Для некоторых изделий, к которым предъявляются повышенные требования к безотказности, Найденные средние значения в интервалах $t_{ср}$ и $t_{П}$ изменение параметра состояния совокупности одноименных элементов (деталей, узлов) аппроксимируют элементарной случайной степенной функцией, тогда изменение параметра состояния элемента в зависимости от наработки или срока службы t находят по формуле:

$$u'(t) = v_c\, t^{\alpha} + z + u_1 \qquad (1.2)$$

где v_c – интенсивность (скорость) изменения параметра;

t^{α} - координатная функция (приведенная наработка);

z - случайная величина характеризующая отклонение теоретического изменения параметра от его фактической реализации;

u_1 - показатель, отражающий изменение параметра в период приработки деталей.

В результате при использовании стратегии технического обслуживания и ремонта по наработке приводит к значительному недоиспользованию заложенных в них при проектировании и производстве индивидуальных ресурсов большинства изделий [38, 47].

1.3 Прогнозирование как способ оценки индивидуального остаточного ресурса грузовых автомобилей

В отличие от стадии проектирования, когда прогнозируется ресурс всей генеральной совокупности создаваемых автомобилей, прогнозирование технического состояния на стадии эксплуатации выполняют для конкретных автотранспортных средств, их агрегатов и узлов. В этом случае оценивается индивидуальный остаточный ресурс объекта, т.е. возможная продолжительность его эксплуатации от момента проведения мероприятий контрольного осмотра до достижения им предельного состояния. Отличается он от ресурса тем, что в качестве начала отсчета

принимается текущая наработка, до которой объект уже какое-то время эксплуатировался, и часть установленного технической документацией ресурса уже реализовал [95].

Достижение автомобилем предельного состояния, соответствующего исчерпанию его ресурса, сводится не только к физическому износу. Оно может быть обусловлено также влиянием факторов функционального устаревания, недопустимости дальнейшей эксплуатации по требованиям безопасности, экономичности и эффективности. Поэтому установить точные признаки и параметры, при которых состояние автомобиля следует квалифицировать как предельное, представляет довольно сложную задачу. Обычно основанием для списания автомобилей служит резкое увеличение интенсивности отказов, продолжительности простоев из-за необходимости их устранения, расходов на проведение ремонтных работ.

Для надежного прогнозирования остаточного ресурса параметров технического состояния узлов и агрегатов автомобиля необходимо выполнить его полнокомплектное техническое диагностирование с использованием соответствующих средств диагностики. Это требует больших затрат, из-за чего в практике технической эксплуатации автотранспортных средств за исключением случаев, когда оцениваются единичные и дорогостоящие автомобили, не находит применения. В условиях реальной эксплуатации грузовых автомобилей при проведении ТО, задачей технического диагностирования чаще всего является оценка остаточного ресурса узлов или агрегатов.

Современные методы прогнозирования параметров технического состояния объектов подразделяются на три основные группы [61, 47, 77 и др.]:

1. Методы экспертных оценок, сущность которых сводится к обобщению, статистической обработке и анализу мнений специалистов. Эксперты обосновывают свою точку зрения на собственном опыте, литературных данных, анализе эксплуатационной надежности узлов и механизмов автомобилей и т.д.

2. Методы моделирования, базирующиеся на основных положениях теории подобия, формировании модели изучаемого объекта, проведении экспериментальных исследований и пересчете полученных показателей с модели на натуральный

объект.

3. Статистические методы, из которых наиболее широкое распространение получил метод экстраполяции.

Наиболее достоверными при прогнозировании индивидуального параметра остаточного ресурса технического состояния автомобиля в условиях эксплуатации являются статистические методы, основанные на объективной оценке его технического состояния в текущий момент времени. Статистические методы применяют в тех случаях, когда по исследуемому объекту нет ретроспективных данных об изменении параметров, определяющих его техническое состояние.

Суть этого вида прогнозирования состоит в том, что делается предположение, что прогнозируемый параметр, характеризующий техническое состояние элемента машины (узла, агрегата, машины в целом), будет изменяться аналогично параметрам одноименных элементов из опытной партии, наблюдение за которой дали имеющуюся информацию. Таким образом, для прогнозирования по среднестатистическому изменению параметра необходима следующая информация:

- априорная информация о среднестатистическом изменении параметра машины, в зависимости от наработки;
- текущая информация о значении прогнозируемого параметра, характеризующего техническое состояние элемента в данный момент. Априорная информация о среднестатистическом изменении параметра может быть представлена в виде веерных кривых, представленных на рисунке 1.2

Априорная информация, описываемая степенной функцией вида:

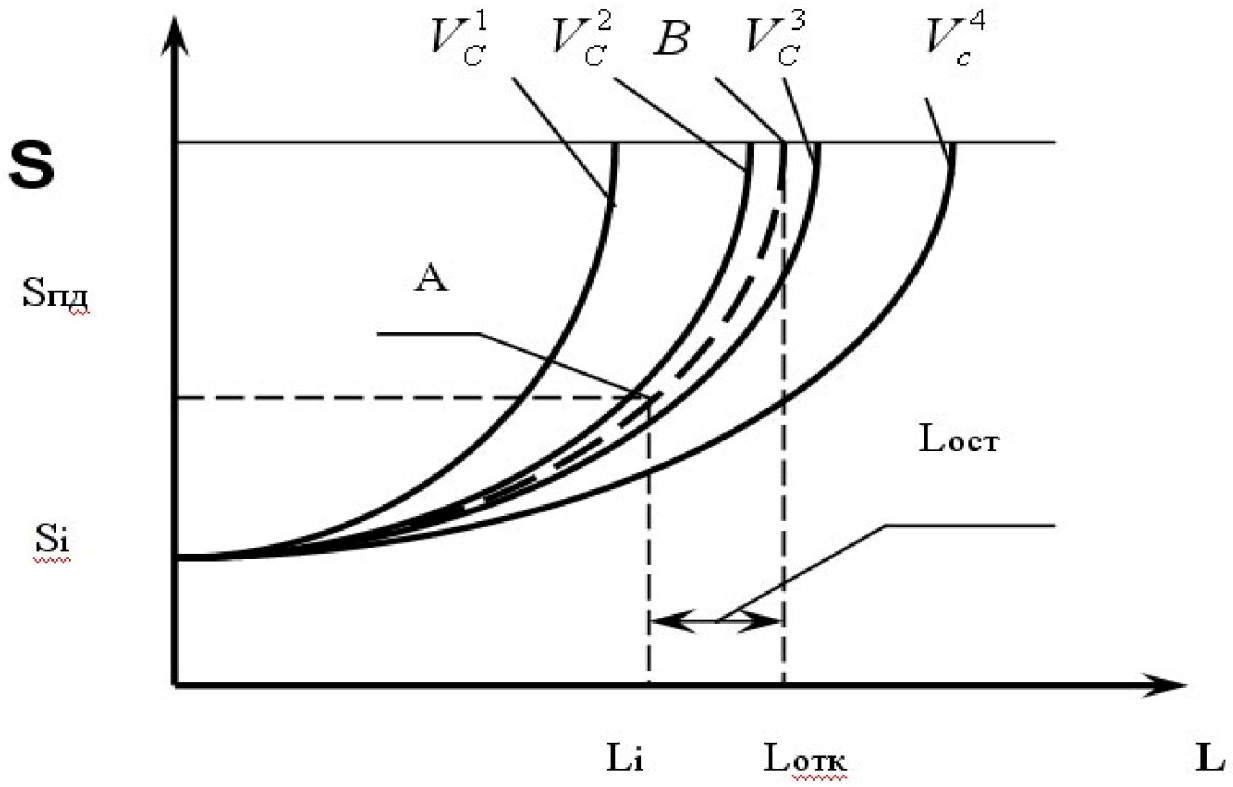
$$S = S_H + VV_c \times L_{\alpha\alpha}; \quad (1.3)$$

где коэффициент α постоянен для всей совокупности одноименных элементов, а коэффициент *Vc*, характеризующий скорость изменения параметра, различен.

На рисунке 1.2 коэффициент Vc^1 характеризует тяжелые условия эксплуатации, а V_C^4 - самые легкие.

Графически, прогнозирование по среднестатистическому изменению параметра, сводится к следующему [28, 29]:

1. При диагностировании машины, определяется значение диагностического параметра – *Si* , при наработке *Li* (точка А с координатами *Si* и *Li*).



Vc - коэффициент, характеризующий скорость изменения параметра; Si – значение диагностического параметра; $L_{отк}$ отказ элемента; L_i – наработка элемента; $L_{ост}$ – остаточный ресурс.

Рисунок 1.2 – Схема прогнозирования по среднестатистическому параметру

2. Делается два допущения: - допускается, что прогнозируемый параметр до текущего момента (до наработки *Li*) имел характер изменения аналогично кривой, на которой лежит точка А; - допускается, что и в дальнейшем этот параметр будет иметь характер изменения аналогичный кривой с точкой А.

3. С учетом этих допущений делается предположение, что параметр элемента будет изменяться после наработки Li, по кривой на которой лежит точка А.

4. Зная, по априорной информации, характер изменения кривой (зная значения коэффициентов *Vc* и *α* определяется характер изменения параметра конкретного элемента в будущем (кривая АВ).

5. Прогнозируется момент наступления отказа элемента исходя из того, что прогнозируемый параметр достигнет предельно-допустимого значения (*S*пд) в точке В.

Следовательно, отказ элемента должен произойти при наработке *L*отк., а

остаточный ресурс при этом определится по формуле:

$$L_{\text{ост}} = L_{\text{отк}} - L_i; \quad (1.4)$$

где *L*ост - остаточный ресурс.

Если на исследуемом объекте периодически или непрерывно проводится контроль параметров технического состояния и эти данные накоплены за достаточный срок эксплуатации, то более эффективно использование метода прогнозирования тенденций изменения параметров технического состояния. Графическая или аналитическая интерпретация параметров в будущее время - называется экстраполяцией [81].

В общем случае выбор метода прогнозирования остаточного ресурса должен обосновываться точностью и достоверностью полученных данных, а также требованиями точности и достоверности прогнозируемого ресурса объекта и риска его дальнейшей эксплуатации; наличия и надежности системы контроля его технического состояния [84]. Для экспертной оценки остаточного ресурса агрегатов на предприятии создается постоянно действующая рабочая группа, которая разрабатывает необходимую документацию, организует процедуру опроса экспертов, обрабатывает и анализирует полученную информацию. Руководителем рабочей группы должно быть ответственное лицо, осуществляющее, по мере необходимости, определение остаточного ресурса оборудования и дающее заключение о продолжительности работы без остановки на капитальный ремонт на определенное время (до очередного текущего ремонта). В состав рабочей группы помимо непосредственных исполнителей целесообразно включать технических работников, старших механиков, механиков (мастеров) цехов, стаж которых по эксплуатации и ремонту составляет не менее пяти лет [35]. В состав рабочей группы не следует включать начальников цехов, отделов, служб и т. д., авторитетные суждения которых могут повлиять на объективность экспертных оценок, а также на окончательное решение рабочей группы [53]. Вот тут-то и появляется актуальность использования информационных технологий.

1.3.1 Роль и влияние прогнозирования на состояние технического сервиса грузовых автомобилей в сервисном обслуживании

При современном развитии автомобилестроения, функциональное назначение грузовых автомобилей очень широко, они используются абсолютно во всех отраслях народного хозяйства, а их доля в АПК от общего количество автомобилей, как уже отмечалось выше, составляет порядка 80%. Соответственно, в местах активной эксплуатации грузовых автомобилей имеется определенная производственно-техническая база по ТО и ремонту или техническому сервису этих автомобилей. В больших населённых пунктах с развитой инфраструктурой, как правило, присутствуют дилерские или коммерческие пункты технического сервиса по гарантийному и постгарантийному обслуживанию определенных марок автомобилей. В случаях отсутствия авторизованных и дилерских сервисов, предприятия вынуждены организовывать ТО и ремонт МТП собственными силами, что в условиях большого количества иностранной техники, не всегда можно осуществить с требуемой эффективностью [67,75, 103, 109].

По статистике, на 1 января 2022 года, хозяйства Новосибирской области имели 510 ремонтно-технических мастерских, 585 автомобильных гаражей, 307 пунктов технического обслуживания (ПТО). Обеспеченность хозяйств области ПТО машин составляет 54,8% от потребности, ремонтными мастерскими коллективных хозяйств – 91%, районными мастерскими и станциям технического обслуживания – 25%. На имеющейся ремонтно-обслуживающей базе в хозяйствах выполняется более 80% всего объема работ по обеспечению эффективной эксплуатации машин [116, 119]. Так же вызывает тревогу низкая обеспеченность сельскохозяйственных предприятий персоналом инженерно-технической службой. Это вызвано, в первую очередь, развитием дилерского сервиса, когда отпадает необходимость содержать большой штат соответствующих работников. Однако в условиях развязанного против Российской Федерации санкционного давления, вопросы обеспечения эффективного функционирования МТП, возрождения независимой от

прихоти зарубежных компаний, системы технического обслуживания и её цифровой модернизации приобретают особую актуальность. Руководством страны применяются серьёзные шаги в этом направлении. К примеру, в октябре 2025 года премьер-министр Михаил Мишустин сообщил о расширении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства. В ней появятся две подпрограммы, одна из которых посвящена сельскохозяйственной технике. Одним из приоритетных направлений данной подпрограммы является необходимость обеспечения снижение уровня импортозависимости отраслей сельского хозяйства за счёт создания новых видов техники и оборудования отечественного производства [119].

Одним из важных вопросов, который необходимо решать при организации качественного прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов машин, является наличие и техническое состояние технологического и диагностического оборудования, приборов и приспособлений, позволяющих на высоком, качественном уровне фиксировать и обрабатывать необходимые диагностические параметры при проведении планового технического обслуживания. автомобилей, что в свою очередь приведёт к снижению трудозатрат и времени нахождения автомобиля в ПТО. [17,20,25, 42, 51 и др.]

Для получения более точных прогнозов параметров технического состояния остаточного ресурса необходимо учитывать не только характеристики конкретного узла или агрегата, но и условия эксплуатации автомобиля: тип дороги, климатические условия, режим работы и т.д. Кроме того, важно проводить регулярный мониторинг состояния автомобиля и своевременно заменять изношенные детали и узлы.

Прогнозирование остаточного ресурса, т.е. оценка запаса исправной работы, является важнейшим элементом в системе управления техническим состоянием грузового автомобиля и его конструктивных элементов в эксплуатации [61]. Отклонение значений диагностических параметров за допустимые пределы, вызываемые возникновением различных повреждений в элементах автомобиля, служит основой для принятия решения о проведении необходимых технических воздействий для восстановления работоспособности.

В условиях эксплуатации диагностирование автомобилей выполняют в основном при проведении плановых ТО. В этом случае задача прогнозирования остаточного ресурса заключается в определении возможности их безотказной работы на наработке до выполнения очередного ТО. Если значение остаточного ресурса обеспечивает рабочее состояние диагностируемого механизма, то обеспечит его работу до очередного ТО. В случае, если значение остаточного ресурса меньше установленной периодичности диагностирования, то его следует изъять из эксплуатации и направить в ремонт.

Для узлов и систем грузовых автомобилей, обеспечивающих безопасность движения или оказывающих отрицательное влияние на окружающую среду, значения номинального и предельного диагностических параметров устанавливаются нормативно-технической документацией заводов-изготовителей [14]. Это, например, зазоры в различных сопряжениях, люфты, углы установки колес, давление в цилиндрах двигателя в конце такта сжатия и т.д. [20].

Предельные значения диагностических параметров, оценивающих техническое состояние узлов и механизмов, для которых они не установлены документацией завода-изготовителя, определяются с помощью статистического метода. Сущность метода заключается в том, что по результатам обследования представительной партии диагностируемого объекта строится гистограмма распределения оценивающих его значений диагностического параметра, аппроксимирующая ее теоретическая кривая и по заданному уровню вероятности безотказной работы, находится его предельный норматив.

Номинальное значение диагностического параметра определяет исходное состояние объекта и соответствует новым, технически исправным машинам, агрегатам, узлам. Оно может быть задано техническими условиями (тормозной путь, люфт рулевого колеса, схождение и развал колес и др.) или найдено как средняя величина для данной совокупности объектов. Значения показателя α определяются опытным путем для различных сопряжений механизмов на основе обработки статистического материала и представляют собой некоторые усредненные величины для построения функции изменения диагностического параметра по наработке.

1.3.2 Стратегия прогнозирования остаточного ресурса грузовых автомобилей в системе технического обслуживания

Основная цель технической диагностики состоит в предупреждении и отдалении момента достижения изделием предельного состояния, а также обеспечение требований санитарно-гигиенических норм и правил [21].

Для прогнозирования остаточного ресурса грузовых автомобилей в системе ТО можно использовать следующую стратегию:

1. Определить средний срок службы грузовых автомобилей на основе данных о пробеге и других факторах, таких как возраст, тип двигателя, состояние подвески и т.д.

2. Оценить вероятность поломки грузовых автомобилей на основе статистических данных о количестве случаев поломок за определенный период времени.

3. Использовать эти данные для создания модели прогнозирования остаточного ресурса грузовых автомобилей на основе нескольких факторов, таких как возраст, тип двигателя, состояние подвески и т.д.

4. Разработать алгоритм прогнозирования, который будет учитывать все факторы и выдавать прогноз остаточного ресурса грузового автомобиля на основе заданных параметров.

5. Протестировать модель на тестовых данных и оценить ее точность и эффективность.

6. Внедрить модель в систему технического обслуживания грузового автомобиля и настроить ее для автоматического определения остаточного ресурса при проведении ТО и технической диагностики.

7. Профилактический характер по фактическому техническому состоянию – работы выполняются после достижения допустимого значения показателя, характеризующего работоспособность объекта.

Современная система ТО подвижного состава АПК была сформирована ещё в СССР, а её основой является планово – предупредительная (профилактическая) работа, которая помимо непосредственных операций ТО включает и большой

объем работ по техническому диагностированию и контролю технического состояния. В общем виде эта система графически отображена на рисунке 1.3 [33].

Рисунок 1.3 – Система технического обслуживания автомобилей

Неоспоримым преимуществом данной системы является то, что она реализовывает единый подход к перечню обязательных пунктов технического обслуживания и контролю технического состояния. Такой подход позволяет унифицировать требования к оборудованию и приборному обеспечению ПТО по классам и типам автомобилей.

До недавнего времени в Российской Федерации действовало «Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта». В положении были закреплены и определены основы обеспечения работо-

способности подвижного состава (автомобилей, автобусов, прицепов и полуприцепов) в процессе эксплуатации. Документ был утверждён Министерством автомобильного транспорта РСФСР 20 сентября 1984 года, однако в 2020 году был признан утратившим силу. Тем не менее, основные принципы этого Положения находят отражение в руководствах по эксплуатации и ремонту заводов-изготовителей (КамАЗ, ГАЗ, ВАЗ и др.).

Основным источником информации для реализации функции прогнозирования являются мероприятия по контролю технического состояния ГА, в ходе выполнения которых определяются показатели фактических значений и качественных признаков, характеризующих техническое состояние, их сравнительный анализ с целью последующей оценки технического состояния этих машин. [73, 74, 90, 112].

Основным методом выполнения контрольных работ является диагностирование [7,89], которое, как известно, предназначено для определения необходимых параметров, влияющих на техническое состояние автомобиля, его узлов, агрегатов, систем без разборки и является технологическим элементом технического обслуживания.

По завершению контроля технического состояния грузового автомобиля определяется фактический объем работ по ТО и техническому диагностированию, организуется устранение выявленных отказов, повреждений и других недостатков. Весь комплекс проведённых мероприятий дает информацию для прогнозирования технического состояния либо для определения остаточного ресурса.

Для реализации функции прогнозирования необходимо создавать программно-аппаратные комплексы по видам техники, к примеру, как в [9] для тракторов К-700 и в [98] для автомобилей КамАЗ. Другим вариантом реализации подобных комплексов, является разработка комплекса под нужды конкретного предприятия с интеграцией в него всего массива технической и нормативной документации по всем эксплуатируемым автомобилям и машинам предприятия.

Одним из пионеров в области обоснования прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов с применением цифровых технологий является СибИМЭ СФНЦА РАН. В работах сотрудников этого учреждения обосновываются и предлагаются методы и способы по совершенствованию системы технического сервиса машин в структурах АПК с учётом новых возможностей цифровизации. Внимание исследователей уделяется не только внедрению компьютеров, но также и разработке организационных форм, требований к материальной базе технического сервиса и нормативным материалам по техническим средствам, оборудованию и оснастки, а также уже и по информационному обеспечению, к примеру, сотрудниками институт решена задача по созданию прототипа системы программно-алгоритмических и информационных средств (ПАИС) прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов тракторов и машин в условиях АПК [15, 41, 46, 52, 66, 73, 8, 874 и др.].

1.4. Обзор оснащенности грузовыми автомобилями сельскохозяйственных товаропроизводителей Новосибирской области

Несмотря на предпринимаемые меры, в АПК сохраняется тенденция устаревания и выхода из строя МТП. Новосибирская область не является исключением и испытывает недостаток в новой технике различного предназначения.

Анализ статистических данных (таблица 1.2) показывает, что по состоянию на 1 января 2022 года в хозяйствах АПК области преобладают грузовые автомобили отечественного производства.

Основная модельная база имеющихся автомобилей составляет – ГАЗ (171 единица, КамАЗ (109 единиц). Исходя из этого, разработка усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей, в рамках настоящей работы, будет осуществляться на примере грузовых автомобилей семейства КамАЗ и ГАЗ.

Таблица 1.2 Анализ наличия грузовых автомобилей в хозяйствах НСО

Хозяйство/ база АТ	ГАЗ	Зил	КАМАЗ	МАЗ	УРАЛ	Татра	Всего
Коченевский район							
«Красная Славянка» ЗАО	8	5	3	–	1	–	17
«Раздольное» ЗАО	10	5	9	–	–	–	24
«Шагаловское» ОАО	8	1	–	–	–	–	9
«Кремлевское» ФГУП	7	7	7	–	1	–	22
«Племзавод «Чикский» ОАО	23	5	12	–	–	–	40
«Чистополье» ЗАО	7	3	4	–	–	–	14
«Мирный» ЗАО	6	5	2	1	–	–	14
«Птицефабрика им. 50-летия СССР»	7	11	9	–	–	–	27
«Коченевская птицефабрика»	25	4	12	1	3	–	45
Итого по району	101	46	58	2	5	–	212
Колыванский район							
«Соколово»	3	6	9	–	4	–	22
«Скала» ЗАО	7	10	–	1	–	–	18
«Вьюны»	5	–	2	1	–	–	8
«Кировское»	4	2	–	–	–	–	6
«Краснооктябрьское»	9	12	4	–	–	–	25
«Нива» ООО	1	2	–	–	–	–	3
«Сибиряк» АКХ	2	3	2	–	–	–	7
«Королевское» ООО	4	1	–	–	–	–	5
«Пономаревское» ООО	3	1	–	–	1	–	5
Колыванский с/х техникум	4	–	3	–	–	–	7
«Южинское» ООО	5	1	–	–	–	–	6
Итого по району	47	38	20	2	5	–	112
Краснозерский район							
"Краснозёрский молокозавод"	2	2	–	–	–	–	4
ЗАО «Новомайское»	3	–	15	1	–	2	15
АО «Краснозерский Лесхоз»	3	–	–	–	–	–	3
ОАО "Сибирьгазсервис"	2	–	–	–	1	–	3
ООО "АПК"	3	–	4	2	–	–	9
АО «Краснозерскавтотранс-1»	2	1	2	1	1	–	7
АО «Новосибирсксельлес»	3	–	3	–	–	–	6
АООТ «НМК»	1	–	2	–	–	–	3
КХ «Колос»	–	1	1	–	–	–	2
КХ «Лесное»	1	–	4	–	1	–	6
ОАО «Краснозерская МТС»	3	–	–	–	–	–	3
Итого по району	23	4	31	4	3	2	67
Всего	171	88	109	8	13	2	391

1.5 Выводы, цель и задачи

В результате проведённого анализа установлено, что одним из самых перспективных направлений повышения эффективности системы ТО МТП является внедрение цифровых технологий, разработка программно-аппаратных комплексов по осуществлению прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов машин на основе результатов технического диагностирования.

Внедрение обязательного прогнозирования в рамках проведения планового ТО МТП АПК позволить ускорить процесс принятия решений по техническому воздействию на узел или агрегат, с одновременным повышением качества ТО и снижением отказов при эксплуатации МТП.

На основании выполненного анализа сформулирована цель диссертационного исследования в следующем виде: повышение эффективности прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей путем использования результатов их технического диагностирования, с внедрением системы программно – алгоритмических и информационных средств.

Для достижения поставленной цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Обосновать возможность усовершенствования прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей при помощи цифровых технологий на основе результатов их технического диагностирования;

2. Разработать информационную (цифровую) модель системы прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей с учетом результатов их технического диагностирования;

3. Усовершенствовать систему программно – алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей;

4. Провести производственное испытание и оценить эффективность результатов исследований.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

2.1 Программно-алгоритмическое и информационное обеспечение прогнозирования

Как отмечено в первой главе, наиболее перспективным повышения системы ТО МТП АПК, является автоматизация процесса прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования.

Методические основы создания таких комплексов и систем должны постоянно совершенствоваться, соответствовать современному уровню науки и техники, что позволит осуществлять функцию прогнозирования с более точными статистическими параметрами.

На наш взгляд, актуальными являются четыре условных направления в этой работе.

Суть первого направления сводится к тому, что при оценке текущей скорости изменения рассматриваемого параметра технического состояния узлов и агрегатов диагностируемого автомобиля, интегрируются все аналогичные данные, как на самом диагностируемом грузовом автомобиле, так и на других образцах рассматриваемой модели, используемых в хозяйстве.

Скорость изменения прогнозируемого параметра технического состояния узла/агрегата (от номинального $П_Н$ до предельного $П_П$) к моменту технического диагностирования оценивается по соотношению:

$$v_c = \frac{(Пд - Пн)}{t_Д{}^{\alpha}}, \quad (2.1)$$

где $П_Д$ – значение диагностируемого параметра к моменту диагноза;

$t_Д$ – наработку автомобиля к моменту технического диагностирования;

α – коэффициент кривизны изменения рассматриваемого параметра.

Наработка узла/агрегата с момента технического диагностирования до его достижения предельного $П_П$ (величина $t_П$) на основе скорости v_c может быть подсчитана из соотношения:

$$П_п = П_д + v_c\, t_п{}^{\alpha}, \tag{2.2}$$

где $t_П$ – наработка от момента последнего технического диагностирования до достижения рассматриваемым параметром допустимого значения $П_П$.

Здесь используется достаточно сильное допущение [82], что скорость изменения определенного параметра v_c остаётся неизменной в ходе дальнейшей эксплуатации данного образца грузового автомобиля.

Остаточный ресурс параметра определится в виде:

$$t_{ост} = t_п - t_д \quad . \tag{2.3}$$

Рассмотрим случай, когда на *i*-том образце грузового автомобиля имеются *n* аналогичных узлов/агрегатов с идентичными параметрами технического состояния. Так, на восьмицилиндровом двигателе *n* равно восьми, тогда будем иметь соответствующие величины будем иметь соответственно величины:

– скорости изменения параметра: v_{c1}, v_{c2}, …, v_{cn} для 1-го, 2-го, …, n-го узла/агрегата соответственно;

– наработки достижения предельного значения рассматриваемого параметра: $t_{П\,1}$, $t_{П\,2}$, …, $t_{П\,n}$,

– значения остаточного ресурса по данному параметру: $t_{ост\,1}$, $t_{ост\,2}$, …, $t_{ост\,n}$.

В дальнейшем изложении взамен словосочетаний «узел/агрегат» с вариантами для краткости будем оперировать «узел».

Второе направление связано с решением задач прогнозирования технического состояния однотипных узлов и агрегатов. На практике автомобиль подвергается регулярному плановому диагностированию в процессе ТО и, в соответствии с этим, оценённые значения скоростей $v^{Д}_{c1}$, $v^{Д}_{c2}$, …, $v^{Д}_{ck}$ при 1-м, 2-м, …, *k*-м диагностировании (*k* – число диагноза) также должны быть учтены для более точной оценки остаточного ресурса. Следовательно, вышеуказанное множество v_{c1}, v_{c2}, …,

$v_{сп}$ должно быть путём учёта величин $v^{Д}_{с1}$, $v^{Д}_{с2}$, …, $v^{Д}_{ск}$ определенным образом расширено.

При учёте аналогичных параметров других образцов рассматриваемой модели автомобиля аналогично формируются подобного рода совокупности величин.

Таким образом, взамен вышеуказанного допущения о неизменности скорости изменения прогнозируемого параметра, появится возможность оценки его статистических характеристик.

В третьем направление рассматривается методика и обоснование выбора управляющего воздействия на диагностируемый объект. Выработка управляющих воздействий на основе указанного множества - задача не простая, но ее можно решить путем применения вычислительных мощностей на основе компьютерных технологий. Причём могут использоваться как простые программы (Microsoft Excel, LibreOffice Calc и т.п.) офисных пакетов для ЭВМ, так и более продвинутое программное обеспечение (ОРБИТА 1.0, Zoho CRM, Statistica и т.п.) Разработка метода решения взаимоувязана с приемом статистической обработки сформированного набора указанных величин [22, 34, 43, 61]. При этом целесообразно различать прием, в котором предпочтение отдаётся величинам, относящимся к рассматриваемому объекту и объектам рассматриваемой единицы данной модели автомобиля. В простейшем же случае все полученные величины считаются равновесными, а управляющее воздействие вырабатывается путем их усреднения. Однако при этом целесообразно учесть степень разброса рассматриваемых величин, в т.ч. и в виде их доверительных интервалов.

Четвёртое направление связано с изменением правил выработки управляющего решения о приемах дальнейшей эксплуатации рассматриваемой единицы автомобиля по результатам прогнозирования данных его диагностирования. Примером работы в этом направлении могут служить исследования [9, 43, 47, 63]. При реализации этого направления, выработка управляющего воздействия жёстко увязывается с агрегатом/узлом, имеющим критическое значение прогнозируемого параметра (при $П_Д$, большем чем $П_П$ на допустимую величину). По сути, речь идёт о

комплексном рассмотрении значений всех диагностируемых параметров проверяемых узлов, предельные значения которых однозначно приводит к выработке управляющего воздействия в необходимости ремонта.

Последовательность реализации описанной процедуры может выглядеть следующим образом:

1) Выбрать узлы, имеющие критические параметры и поместить информацию о них в «Список критических узлов» в количестве m. Если таких узлов не найдено, то $m = 0$.

2) Для каждого i –го узла ($i = 1, 2, \ldots, m$) из «Список критических узлов» формировать данные о его параметрах технического состояния и рекомендаций по их дальнейшей эксплуатации.

3) Выбрать узлы, имеющие рекомендации «При очередном ТО-1» и поместить информацию о них в «Список узлов диагностирования при очередном ТО-1» в количестве r.

4) Для каждого j–го узла ($j = 1, 2, \ldots, r$) из «Список узлов диагностирования при очередном ТО-1» формировать данные о его параметрах и рекомендации по их дальнейшей эксплуатации.

5) По результатам п. 1 и 2 сформировать выходную информацию «Критические узлы автомобиля» для инженерной службы хозяйства и выдать ее на печать.

6) По результатам п. 3 и 4 формировать выходную информацию «Диагностирование автомобиля при очередном ТО-1» для инженерной службы хозяйства и выдать ее на печать.

Приведённые вычислительные операции запрограммированы для автоматизированных расчётов в предлагаемой усовершенствованной системе программно-алгоритмических и информационных средств индивидуального, по каждому автомобилю, прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов.

Реализация прогнозирования осуществляется на примере автомобилей КамАЗ и ГАЗ. Для этого в ходе исследования выполнен большой объем работы по подготовке нормативно технической документации по номинальным и предельным

диагностическим параметрам, причём по автомобилям семейства ГАЗ удалось согласовать обоснованные диагностические параметры с заводом-изготовителем [Приложение А].

Общая методология исследований основана на системном подходе с использованием информационного моделирования обоснованного Михлиным В.М. [61]

Описанные направления реализованы в среде электронной таблицы Microsoft Excel. В общую информацию включены справочник параметров состояний агрегатов, узлов автомобиля и данные о его пробеге к моменту диагностирования. Текущей информацией о каждой единице модели являются параметры диагностируемых агрегатов и узлов автомобиля, а также заключения по результатам прогнозирования параметров агрегатов и узлов автомобиля. При реализация описанных выше направлений совершенствования методологии прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов предполагается осуществить дополнение интегрированной в систему информационной базы новыми компонентами.

2.2 Обоснование требований к усовершенствованной системе программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей

Совершенствование прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов ГА может быть осуществлено путём корректировки значений начально задаваемых коэффициентов α типизации динамики изменения прогнозируемых параметров на основе реальных данных применительно к рассматриваемой модели автомобиля. Выработка управляющих воздействий, предусматривающих формирование перечня операций для более раннего диагностирования критически важных параметров узлов и агрегатов, от которых зависит возможность дальнейшей эксплуатации автомобиля.

В качестве прототипа для реализации указанных выше направлений совершенствования системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и

агрегатов будут использованы программно-аппаратные комплексы, описанные в работах [40, 45, 84]. Как уже отмечено выше, в качестве автомобилей, которые буду принимать участие в исследовании, взяты автомобили семейства КамАЗ и ГАЗ.

Основным требованием к предлагаемой усовершенствованной системе ПАИС является возможность работы в ней специалистам, не обладающими высокой квалификацией и специальными знаниями в области компьютерных технологий.

Информационная база системы должна быть приспособлена к адаптации и дальнейшему развитию. Доступ к информационным базам, загруженным в систему, должен осуществляться технически простым способом, в идеальном случае при разработке программы интегрировать возможность напоминания пользователю о необходимости проверки информационных баз на актуальность технической информации.

Усовершенствованная система ПАИС должна осуществлять возможность:

1) Иметь выбор определенных информационных компонентов (наименования моделей и государственных регистрационных знаков, обслуживаемых ГА, их количественном составе, индивидуальные данные об их пробеге к моменту диагностирования).

2) Работы с блоками системы путем вызова ссылок с возвращением в предыдущие меню (реализация гиперссылок).

3) Просмотра информационного материала, как в полном объеме всех файлов, так и выборочно, в зависимости от необходимости и уровня подготовки пользователя системой.

4) Расширение возможностей системы ПАИС путем интегрирования в неё нового функционала в соответствие с требованиями заказчика (добавления новых марок и типов машин, расширения структуры диагностических параметров и т.п.)

Эффективность усовершенствованной системы ПАИС должна проявляться через сокращение времени прогнозирования с одновременным повышением точности прогнозирования.

При обосновании требований к усовершенствованной системе ПАИС частично использовались наработанные материалы, обоснованные и изложенные в

работе [16].

2.3 Обоснование общей структуры усовершенствованной системы программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей

Проанализировав величины текущей скорости изменения параметров технического состояния узлов и агрегатов ГА на основе учёта всех однотипных параметров, включая индивидуальные параметры других образцов рассматриваемой модели ГА вначале определяется количество идентичных параметров (КИП) на самом анализируемом образце ГА [28]. Если КИП на рассматриваемом образце ГА $j = 1$ (т.е. другое КИП отсутствуют), то в качестве КИП учитывается количество образцов ГА данной модели в парке ГА самого АПК. К примеру, если содержание СО в выхлопных газах ГА является единичным параметром для одного автомобиля, то КИП будет учтено по другим образцам ГА. Продолжая пример восьмицилиндрового двигателя, напомним, что обязательно найдётся диагностический параметр, для которого КИП будет j = 8, в таком случае при оценке КИП будет учтено восемь скоростей, для оценки изменения анализируемого параметра v_{c1}, v_{c2}, …, v_{c8} что соответствует совершенствованию метода прогнозирования в усовершенствованной системе ПАИС. Определение усреднённой скорости изменения анализируемого диагностического параметра оценивается с помощью выражения:

$$V_{\text{ср}} = {(v_{\text{с1}} + v_{\text{с1}} + v_{\text{с2}} + \ldots + v_{cj})}\Big/{(j\ +\ 1)}, \qquad (2.4)$$

где $V_{ср}$ - усреднённая скорость изменения анализируемого диагностического параметра;

vc1, vc2...vcj - скорость изменения анализируемого диагностического параметра;

j - количество диагностических параметров.

Здесь величина рассматриваемой скорости v_{c1} фигурирует дважды, как уже отмечалось, это сделано для повышения её весомости при усреднении [38].

Пример расчёта $V_{ср}$ в разрабатываемой программе показан на рисунке 2.1

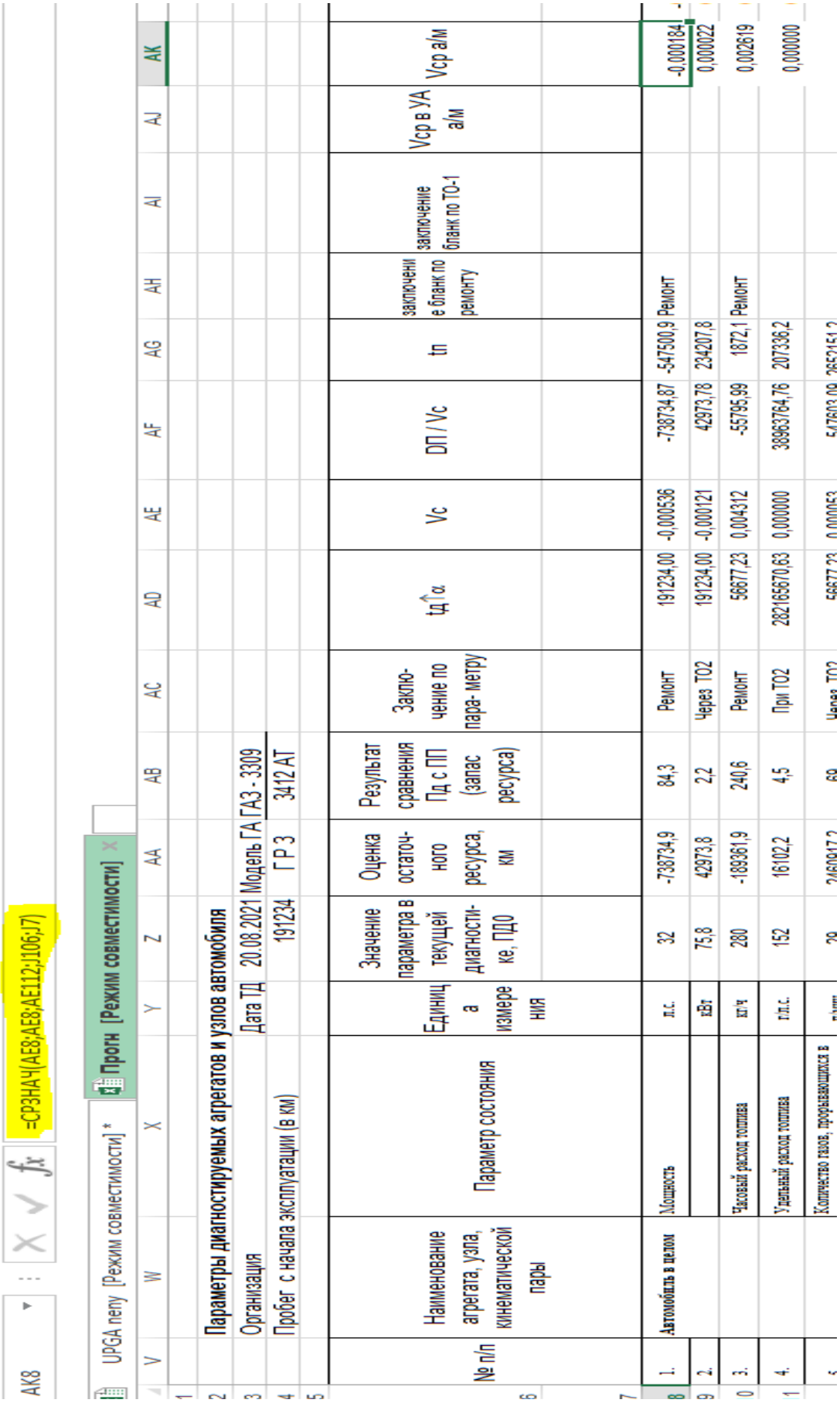


Рисунок 2.1 – Фрагмент программы с формулой усреднённой скорости изменения анализируемого параметра

По выражению (2.1) пересчитываются все прогнозируемые диагностические параметры технического состояния рассматриваемого грузового автомобиля, заменяя реальные скорости их изменения на полученные значения $V_{ср}$ соответственно.

Для корректировки показателя типизированных коэффициентов кривизны α с учётом номинальных параметров технического состояния и динамикой преобразования прогнозируемого коэффициента на основе реальных данных, полученных в ходе текущей технической диагностики необходимо корректировать таблично задаваемые типизированные коэффициенты α, что осуществляется методом наименьших квадратов. С учётом фактических данных анализируемого параметра P_1, P_2, …, P_r, где r – число измерений рассматриваемого параметра, включая его номинальное и предельное значения. Задаваемый типизированный коэффициент α может рассматриваться в однотипном АПК, поэтому при рассмотрении совершенствования системы ПАИС корректировать параметр этого коэффициента необходимо в процессе проведения производственной проверки. Для внесения корректировки необходимо соблюдать условия, при которых сумма отклонений множества фактических значений диагностируемого параметра от их расчётных величин было минимальное. В следствии выполнения этого условия, для решения рассматриваемой задачи наилучшим образом подходит метод определения нужных диагностических параметров, основанный на методе наименьших квадратов [46]. Для достижения оптимального качества прогнозирования с применением этого метода минимальное количество диагностируемых однотипных параметров должно быть не меньше трех, т.е. мы берём номинальное значение параметра из нормативно-справочной информации (НСИ), второй параметр у нас находится в памяти персонального компьютера (ПК) и является параметром, полученным при проведении последней диагностики, а третье значение диагностического параметра получаем непосредственно в процессе технического диагностирования [71].

Согласно метода наименьших квадратов, кривую изменения необходимо

задавать минимум через три точки, при этом чем больше мы будем иметь параметров, хранящихся в персональном компьютере, тем точнее будет осуществляться процесс прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей.

Такие данные за предыдущие приёмы диагностирования и прогнозирования, а также номинальное и предельное значения для прогнозируемого параметра сопоставляются с рассчитанным рядом R_1, R_2, …, R_r (индекс 1,2...*r* - порядковый номер измерения), сформированным применительно к выбранному коэффициенту α_0 , представляющего из себя показатель степени функции изменения при номинальном значении параметра, соответственно, ряд R_1, R_2, …, R_r, формируется для последовательности значений α_0, взятой из диапазона ((0,7...1,3) × α) с шагом 0,1. Сама сумма квадратов отклонений подсчитывается по выражению:

$$S = (P_1 - R_1)^2 + (P_2 - R_2)^2 + \ldots + (P_r - R_r)^2, \quad (2.5)$$

где $P_1, P_2, \ldots, P_r$ - фактические данные анализируемого параметра;

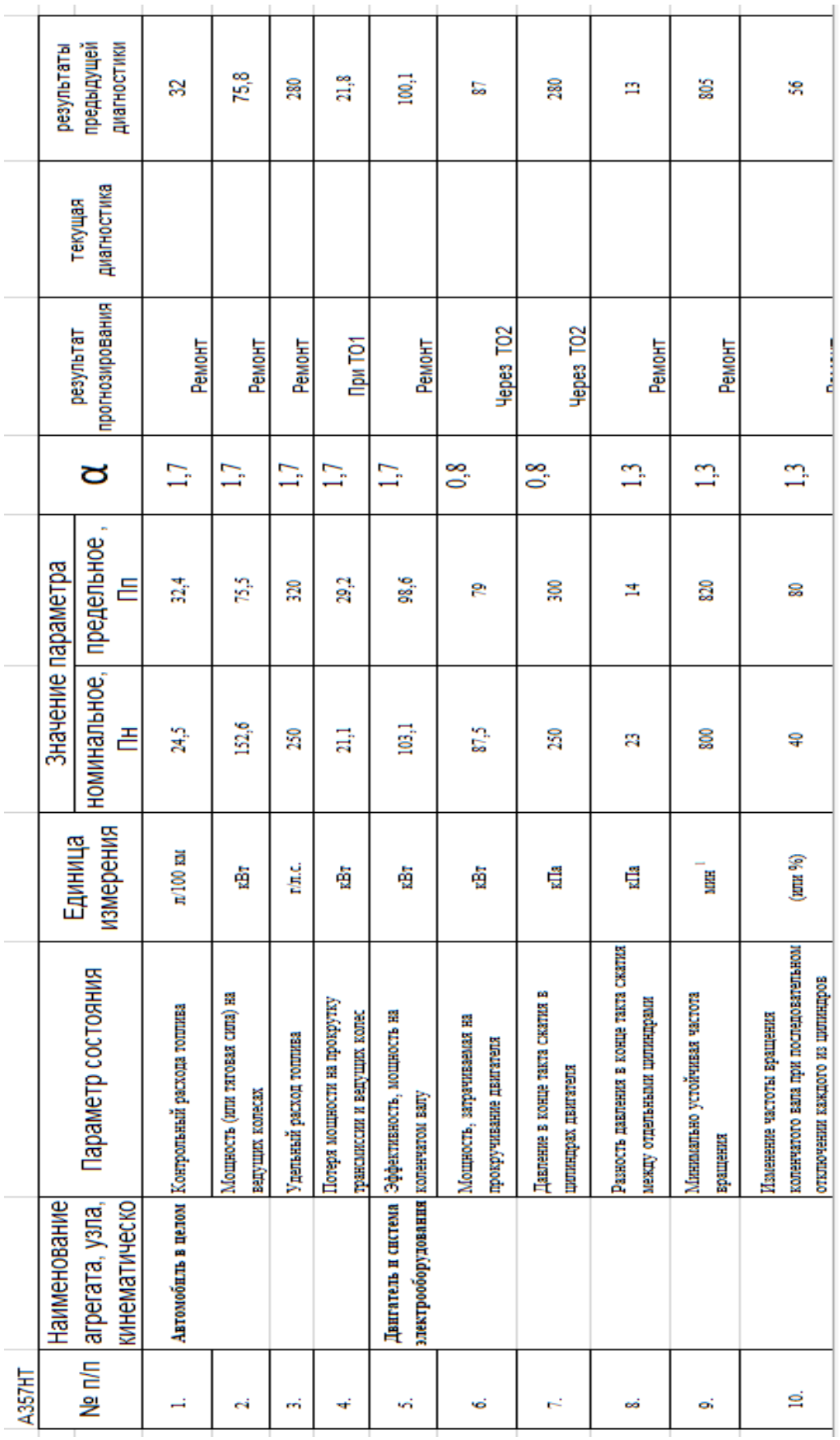
$R_1, R_2, \ldots, R_r$ - изменение анализируемого параметра до достижения предельного значения.

При этом для дальнейших операций прогнозирования в качестве используемого коэффициента α_0 выбирается его значение из вышеуказанного диапазона, которое позволяет получить минимальную сумму квадратов отклонений S фактических данных от рассчитанных по выражению (2.5).

Как видно из изложенного, для усовершенствования этого метода прогнозирования в памяти компьютера по каждому грузовому автомобилю необходимо сохранять сведения о его диагностировании за все предыдущие приёмы его оценки/проверки.

На основе этого решения подсчитываются все прогнозные параметры технического состояния, рассматриваемого грузового автомобиля (G_{ir}), *i* – прогнозируемый параметр технического состояния узла или агрегата грузовых автомобилей.

Пример внесения в программу таких сведений представлен на рисунке 2.2.



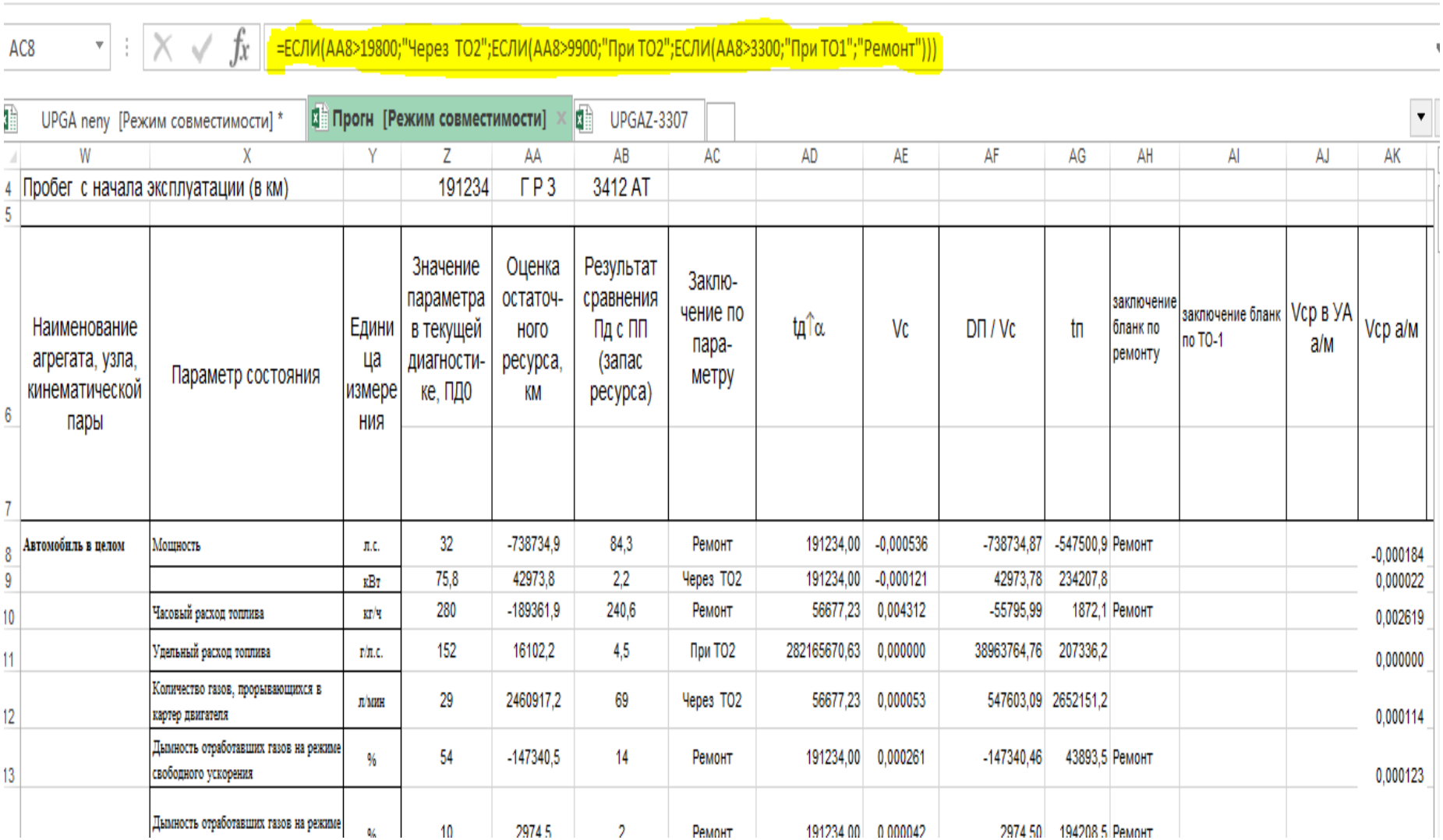
№ п/п	Наименование агрегата, узла, кинематическо	Параметр состояния	Единица измерения	Значение параметра		α	результат прогнозирования	текущая диагностика	результаты предыдущей диагностики
				номинальное, Пн	предельное , Пп				
1.	**Автомобиль в целом**	Контрольный расхода топлива	л/100 км	24,5	32,4	1,7	Ремонт		32
2.		Мощность (или тяговая сила) на ведущих колесах	кВт	152,6	75,5	1,7	Ремонт		75,8
3.		Удельный расход топлива	г/л.с.	250	320	1,7	Ремонт		280
4.		Потеря мощности на прокрутку трансмиссии и ведущих колес	кВт	21,1	29,2	1,7	При ТО1		21,8
5.	**Двигатель и система электрооборудования**	Эффективность, мощность на коленчатом валу	кВт	103,1	98,6	1,7	Ремонт		100,1
6.		Мощность, затрачиваемая на прокручивание двигателя	кВт	87,5	79	0,8	Через ТО2		87
7.		Давление в конце такта сжатия в цилиндрах двигателя	кПа	250	300	0,8	Через ТО2		280
8.		Разность давления в конце такта сжатия между отдельными цилиндрами	кПа	23	14	1,3	Ремонт		13
9.		Минимально устойчивая частота вращения	мин$^{-1}$	800	820	1,3	Ремонт		805
10.		Изменение частоты вращения коленчатого вала при последовательном отключении каждого из цилиндров	(или %)	40	80	1,3	Ремонт		56

Рисунок 2.2 – Фрагмент поля программы для внесения сведений о диагностировании ГА, с учётом предыдущей диагностики

Управляющее воздействие, включающее формирование списка операций технического диагностирования для более раннего диагностирования индивидуализированных параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей, осуществляет сравнение разницы L спрогнозированных значений G_{ir} с имеющимися в НСИ идентичными предельными параметрами технического состояния (R_{id}), d – предельное значение прогнозируемого параметра технического состояния узла или агрегата ГА. Значение L оценивается как $G_{ir} - R_{id}$, если $(0{,}1 \times U) \geq L \leq (0{,}9 \times U)$, где U – пробег данного грузового автомобиля до следующего его очередного ТО, то соответствующий параметру узел/агрегат включается в список для более раннего диагностирования. В выданной информации для него указывается наименование, а также спрогнозированный G_{ir} и предельный R_{id} размеры критического параметра. Логично то, что таких параметров у рассматриваемого узла/агрегата может быть несколько и все они представляются в указанной группе информации.

Сформированные варианты управляющего воздействия при построении перечня параметров технического состояния агрегатов и узлов с учётом информации о его техническом состоянии, близком к предельно допустимому, с указанием наименований, прогнозных и предельных значений осуществляет сравнение той же разницы L. Если $L \leq (0{,}1 \times U)$, то соответствующий параметру узел/агрегат включается в список для ремонта. Как и выше, в выданной информации для него указывается наименование, а также спрогнозированный G_{ir} и предельный R_{id} размеры ремонтируемого параметра. Все другие параметры узла/агрегата с идентичными оценками также представляются в указанной группе информации (рисунок 2.3).

Общая структура усовершенствованной системы ПАИС рассматривается как иерархическая, древовидного типа [47, 83].



	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK
4	Пробег с начала эксплуатации (в км)			191234	Г Р З	3412 АТ									
5															
6	Наименование агрегата, узла, кинематической пары	Параметр состояния	Единица измерения	Значение параметра в текущей диагности-ке, ПД0	Оценка остаточ-ного ресурса, км	Результат сравнения Пд с ПП (запас ресурса)	Заклю-чение по пара-метру	tд^α	Vc	ДП / Vc	tn	заключение бланк по ремонту	заключение бланк по ТО-1	Vср в УА а/м	Vср а/м
7															
8	**Автомобиль в целом**	Мощность	л.с.	32	-738734,9	84,3	Ремонт	191234,00	-0,000536	-738734,87	-547500,9	Ремонт			-0,000184
9			кВт	75,8	42973,8	2,2	Через ТО2	191234,00	-0,000121	42973,78	234207,8				0,000022
10		Часовый расход топлива	кг/ч	280	-189361,9	240,6	Ремонт	56677,23	0,004312	-55795,99	1872,1	Ремонт			0,002619
11		Удельный расход топлива	г/л.с.	152	16102,2	4,5	При ТО2	282165670,63	0,000000	38963764,76	207336,2				0,000000
12		Количество газов, прорывающихся в картер двигателя	л/мин	29	2460917,2	69	Через ТО2	56677,23	0,000053	547603,09	2652151,2				0,000114
13		Дымность отработавших газов на режиме свободного ускорения	%	54	-147340,5	14	Ремонт	191234,00	0,000261	-147340,46	43893,5	Ремонт			0,000123
		Дымность отработавших газов на режиме	%	10	2974,5	2	Ремонт	191234,00	0,000042	2974,50	194208,5	Ремонт			

Рисунок 2.3 – Фрагмент программы с формулой спрогнозированного параметра

2.4 Информационная модель усовершенствованной системы программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей

Для адекватной работы предлагаемой системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей разработана информационная модель, которая в общем виде представляет из себя иерархически связанные множества полной совокупности ее компонентов. В качестве компонентов выступают информационные блоки, содержащие всю информацию о парке грузовых автомобилей, таких как нормативно-техническая документация, сведения о номинальных и предельных значениях диагностических параметров, результаты всех диагностирований на протяжении эксплуатации автомобиля в хозяйстве и т.д. (Рисунок 2.4)

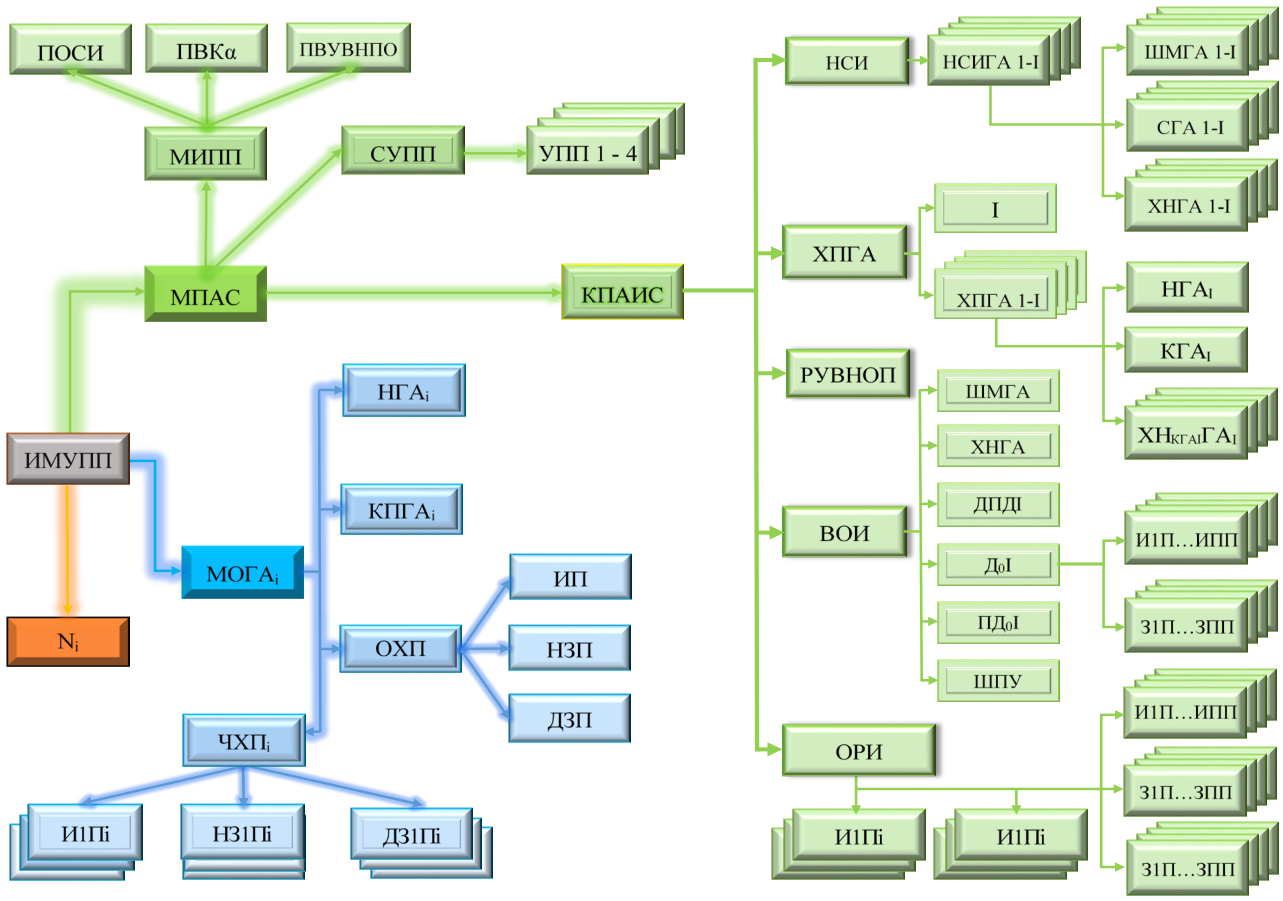


Рисунок 2.4 – Информационная модель усовершенствованной системы ПАИС

Взаимосвязь между информационными блоками при осуществлении прогнозирования необходимых технических параметров и выдачи предложений о возможном воздействии на диагностируемый объект осуществляется путём программирования необходимых расчётных функций.

В процессе моделирования выполняется построение информационной модели реально существующих в хозяйстве парка автомобилей в разрезе их узлов и агрегатов. В модели описываются и детализируются процессы, функции, информационные потоки и другие характеристики. Для построения информационной модели используют системный анализ, задачей которого является выделение существенных частей и свойств разрабатываемой системы, связей между ними [81]. Выбор существенных свойств информационной модели устанавливается содержанием технических параметров при техническом диагностировании. Цель формирования полной информационной модели – обеспечить информационное сопровождение всех задач, относящихся к организации и проведению прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов автомобилей.

Каждый информационный блок предлагаемой информационной модели системы усовершенствованного прогнозирования (ИМУПП) представляет собой совокупность необходимых объектов, непосредственно связанных с процессом обработки результатов технического диагностирования в процессе ТО:

$$\text{ИМУПП} = \{\text{МПАС}, \text{МОГА}i, \text{N}i\}, \quad (2.6)$$

где МПАС – множество необходимых ПАИС;

МОГА – совокупность i-х моделей грузовых автомобилей, которые обслуживаются данным ПАИС, $i = 1, 2, \ldots I$; I – число моделей грузовых автомобилей, рассматриваемых в системе;

N_i – число грузовых автомобилей i-й модели.

Каждая из составляющих выражения (2.6) может быть представлена в виде самостоятельных частей модели. Исходя из сказанного множество необходимых ПАИС запишется в виде:

$$\text{МПАС} = \{\text{МИПП}, \text{СУПП}, \text{КПАИС}\}, \quad (2.7)$$

где МИПП – множество известных приемов прогнозирования;

СУПП – совокупность усовершенствований приемов прогнозирования;

КПАИС – комплекс (система) программно-алгоритмических и информационных средств для реализации приемов прогнозирования.

Информационная составляющая параметра МОГА из (2.6) запишем в виде:

$$\text{МОГА}i = \{\, \text{НГА}i, \text{КПГА}i, \text{ОХП}, \ \text{ЧХП}i \,\}, \quad (2.8)$$

где НГА_i – наименование *i*-й модели ГА;

КПГА – количество учитываемых параметров для *i*-й модели грузовых автомобилей;

ОХП – общая характеристика параметров грузовых автомобилей;

ЧХП – частная характеристика параметров i-й модели грузовых автомобилей.

Общая характеристика параметров грузовых (ОХП) представится выражением:

$$\text{ОХП} = \{\, \text{ИП}, \text{НЗП}, \text{ДЗП} \,\}, \quad (2.9)$$

где ИП – наименование параметра;

НЗП – номинальное значение параметра;

ДЗП – допустимое без ремонта значение параметра.

В выражении (2.8) величина ЧХП_i для грузовых автомобилей i-й модели представится выражением:

$$\text{ЧХПi} = \{\text{И1Пi}, \text{Н31Пi}, \text{Д31Пi}, \text{И2Пi}, \text{Н32Пi}, \text{Д32Пi}, \dots, \text{ИJiПi}, \text{НЗJiПi}, \text{ДЗJiПi} \}, \quad (2.10)$$

где И1Пi – наименование 1-го параметра грузовых автомобилей i-й модели;

Н1ЗПi – номинальное значение 1-го параметра грузовых автомобилей i-й модели;

Д1ЗПi – допустимое без ремонта значение 1-го параметра грузовых автомобилей i-й модели;

И2Пi – наименование 2-го параметра грузовых автомобилей i-й модели;

Н32Пi – номинальное значение 2-го параметра грузовых автомобилей i-й модели;

Д32Пi – допустимое без ремонта значение 2-го параметра грузовых автомобилей i-й модели;

ИJ_iПi – наименование J_i-го (последнего) параметра грузовых автомобилей i-й

модели;

НЗJ_iП$_i$ – номинальное значение J_i-го(последнего) параметра грузовых автомобилей i-й модели;

ДЗJ_iПi – допустимое без ремонта значение J_i-го(последнего) параметра грузовых автомобилей i-й модели.

Заметим, что в ИС должно быть представлено полное множество параметров (2.4) по всем учитываемым моделям ГА.

Обратимся теперь к множеству известных приёмов прогнозирования, состоящим в выражении (2.7), МИПП прогнозирования запишется в виде:

$$\text{МИПП} = \{\, \text{ПОСИ}, \text{ПВК}\alpha, \text{ПВУВНПО} \,\}, \quad (2.11)$$

где ПОСИ – прием оценки скорости изменения учитываемого параметра;

ПВКα – прием выбора коэффициента кривизны изменения прогнозируемого параметра;

ПВУВНПО – прием выработки управляющего воздействия на прогнозируемый объект.

Совокупность усовершенствований приемов прогнозирования можно записать в виде:

$$\text{СУПП} = \{\, \text{УПП1}, \text{УПП2}, \text{УПП3}, \text{УПП4} \,\}, \quad (2.12)$$

где УПП1, УПП2, УПП3 и УПП4 – усовершенствованные приемы прогнозирования 1, 2, 3 и 4 соответственно.

Ключевыми элементом МПАС информационной модели является блок КПАИС (рисунок 2.1), который отвечают за конкретную информацию о парке грузовых автомобилей предприятия и может быть представлен в виде:

$$\text{КПАИС} = \{\, \text{НСИ}, \text{ХПГА}, \text{ВОИ}, \text{ОРИ}, \text{РУВНОП} \,\}, \quad (2.13)$$

где НСИ – нормативно справочная информация;

ХПГА – характеристика парка грузовых автомобилей АПК;

ВОИ – входная оперативная информация;

ОРИ – оперативная расчетная/выходная информация;

РУВНОП – рекомендуемые управляющие воздействия на прогнозируемый объект грузовых автомобилей.

Нормативно справочная информация представится в виде:

$$НСИ = \{ НСИСГА, НСИГА1, НСИГА2, \dots НСИГАI \}, \quad (2.14)$$

где НСИСГА – нормативно справочная информация о составе учитываемых грузовых автомобилей;

НСИГА1, ..., НСИГА*I* – нормативно справочная информация о грузовых автомобилях1-й, 2-й, ..., *I*-й моделей соответственно.

Нормативно справочная информация о грузовых автомобилях в (2.13) представится в виде:

$$НСИГАI = \{ШМГА1, ШМГА2, \dots, ШМГАI, СГА1, СГА2, \dots СГАI, ХНГА1\}, \quad (2.15)$$

где ШМГА1, ШМГА2, …, ШМГАI – шифры 1-й, 2-й, … I-й моделей грузовых автомобилей соответственно;

СГА1, СГА2, …, СГАI – справочники 1-й, 2-й, … I-й моделей грузовых автомобилей соответственно.

Информация с характеристикой парка грузовых автомобилей АПК представится в виде:

$$ХПГА = \{ I, ХПГА1, ХПГА2, \dots ХПГАI \}, \quad (2.16)$$

где I – количество учитываемых моделей грузовых автомобилей;

ХПГА1, ХПГА2, …, ХПГАI – характеристики парка ГА 1-й, 2-й, …, I-й моделей соответственно.

Информация с характеристикой парка грузовых автомобилей определенной модели представится в виде:

$$ХПГА_I = \{ НГА_I, КГА_I, ХН1ГА_I, ХН2ГА_I, \dots, ХНКГА_IГА_I \}, \quad (2.17)$$

где $НГА_i$ – наименование i-й модели грузовых автомобилей; $КГА_I$ – количество грузовых автомобилей i-й модели;

$ХН1ГА_I$, $ХН2ГА_I$, …, $ХН_{КГАI}ГА_I$ – хозяйственные номера 1-го, 2-го, …, $КГА_I$-го грузовых автомобилей I-й модели соответственно.

Входная оперативная информация (ВОИ) может быть представлена в виде:

$$ВОИ = \{ ШМГА, ХНГА, ДПДI, Д0_I, ПД_0I, ШПУ \}, \quad (2.18)$$

где ШМГА – шифр модели грузовых автомобилей, поступившей на диагностирование и прогнозирование;

ХНГА – хозяйственный номер поступившего грузового автомобиля;

ДПДI – дата поступления грузового автомобиля на диагностирование;

$Д_0$I – пробег поступившего автомобиля к моменту текущей диагностики;

$ПД_0$I – значения параметров технического состояния агрегатов и узлов поступившего автомобиля по данным его текущего диагностирования;

ШПУ – шифр выбранного приема прогнозирования.

Значения параметров технического состояния агрегатов и узлов поступившего ГА по данным его текущего диагностирования запишется в виде:

$$ПД_0I = \{ И1П, З1П, И2П, З2П, \dots ИПП, ЗПП \}, \quad (2.19)$$

где И1П, И2П, …, ИПП – наименования 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметра поступившего грузового автомобиля;

З1П, З2П, …, ЗПП – значения 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметра, поступившего грузового автомобиля.

Оперативная расчетная/выходная информация:

$$ОРИ = \{И1П, И2П, \dots ИПП, НЗ1П, НЗ2П, \dots НЗПП, ПЗ1П, ПЗ2П, \dots ПЗПП, \alpha1П, \alpha2П, \dots \alpha ПП, З1П, З2П, \dots ЗПП, ООР1, ООР2, \dots ООРП, Д0_I\}, \quad (2.20)$$

где И1П, И2П, … ИПП – наименования 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметров поступившего грузового автомобиля;

НЗ1П, НЗ2П, … НЗПП – номинальные значения 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметров поступившего грузового автомобиля;

ПЗ1П, ПЗ2П, … ПЗ1П, – предельные значения 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметров поступившего грузового автомобиля;

α1П, α2П, … αПП – использованные показатели α для оценки 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметров поступившего грузового автомобиля;

ООР1, ООР2, … ООРП – пробеги поступившего грузового автомобиля по оценке остаточного ресурса соответственно 1-го, 2-го, …, последнего параметров;

$Д_0$I – пробег автомобиля к моменту текущей диагностики I-й модели автомобиля на бланке сведений о диагностируемых автомобилях;

Информационная модель наименований агрегатов, узлов и кинематических пар I-й модели автомобиля может быть представлена записью вида:

$$\text{НУА}I = \{\ \text{КАУГА}I, \text{Н1АУГА}I, \text{Н2АУГА}I, \ldots \text{Н}_{\text{КАУГА}I}\text{АУГА}I\ \}, \qquad (2.21)$$

где КАУГАI – количество рассматриваемых агрегатов, узлов и кинематических пар I-й модели автомобиля;

Н1АУГАI, Н2АУГА…, $\text{Н}_{\text{КАУГА}}$АУГА $\text{П}_{\text{Н}}$ – наименования 1-го, 2-го, …, КАУГАI-го агрегатов, узлов и кинематических пар I-й модели автомобиля.

Информационное наполнение описанных моделей и их компонентов необходимо начать с наиболее простого варианта, постепенно формируя и накапливая, соответствующий информационный фонд по эксплуатируемым в хозяйстве видов МТП.

2.5 Методика решения задач прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей с использованием усовершенствованной системы программно-алгоритмических и информационных средств

В методическом отношении процедура разработки общей структуры информационной базы решения задачи базируется на последовательном анализе уже имеющихся информационных форм [55] и модернизации их с учетом выше представленных соотношений (2.1 – 2.3). Ниже отметим некоторые общие положения.

Структуру грузового автомобильного парка предприятия представим в виде списка:

$$\text{Марка}_I, \text{количество } N\text{I}\ (I = 1, 2, \ldots, K); \qquad (2.22)$$

где Марка_I – наименование I-ймодели грузового автомобиля предприятия;

N1, N2, …, NK – количество *I*-й модели грузового автомобиля предприятия;

K – число рассматриваемых моделей грузовых автомобилей в парке предприятия.

При переходе к книге по строке определенной марки грузового автомобиля открывается первая страница книги с наименованием «ПМ.xls», где вместо символа «Марка ГА» будет высвечена выбранная при переходе модель ГА, а символ ".xls" является служебной для электронной таблицы. При этом открывается стра-

ница с информационной формой «Сведения о диагностируемых автомобилях» (Рисунок 2.5), также полностью позаимствованная из прежнего варианта решения задачи (в дальнейшем – вторая таблица блока).

НСИ модели ГА _____
Наименование СХТП _____
Дата заполнения _____

№ п/п	Наименование агрегата, узла ГА	Наименование параметра технического состояния	Единица измерения	Значение параметра		Показатель степени функции изменения параметра α
				номинальное, $П_н$	предельное, $П_п$	
1.						
2.						
…						
N.						

Сведения подготовил специалист СХТП _____

Рисунок 2.5 – Форма подготовки информации для листа «нормативно-справочная информация модели грузового автомобиля»

Для данной задачи начальной является форма «Свод учитываемых автомобилей», который используется из предыдущей разработки без особых изменений. Скорректированная на заглавие в виде «Перечень рассматриваемых моделей грузовых автомобилей» (Рисунок 2.6).

Свод единиц ГА модели _____
Наименование СХТП _____
Дата заполнения _____

№ п/п	Государственный регистрационный знак	Срок ввода в эксплуатацию	Гиперссылка перехода к листу	Пробег после последнего ТО	Дата последнего ТО	Примечание
1.						
2.						
…						
N.						

Сведения подготовил специалист СХТП _____

Рисунок 2.6 – Форма подготовки информации для листа «Свод единиц ГА модели»

Кроме того, в данной форме дополнительно вводятся строки по моделям грузовых автомобилей. От данной формы предусмотрены переходы к так называемым книгам учитываемых автомобилей. Блок информации по марке грузовых автомобилей содержит общую информацию о модели, а также текущую информацию о каждой единице модели в соответствии с третьей колонкой формы.

Однако форма дополняется данными о числе автомобиле определенной модели, представляемой параметром «Число ГА модели» и обозначенной выше символом Н. Из данной страницы книги можно перейти к таким страницам, как: «Справочник параметров состояний агрегатов и узлов автомобиля выбранной модели ГА» – (в дальнейшем – первая таблица блока), «Бланк для записи результатов диагностирования выбранной модели ГА» и к страницам с выбранными образцами самих грузовых автомобилей. В форме данных страниц дополнительно вводится колонка «Значение усреднённой скорости *V*ср», в соответствующих строках которой записываются приведенные выше формулы.

Первая таблица формируется из листа с наименованием «ГРЗ1», образованным с использованием в качестве «ГРЗ1» символов фактического государственного регистрационного знака 1-й рассматриваемой единицы грузового автомобиля. На листе размещены таблицы, содержащие текущие значение параметров технического состояния ГРЗ1 (Рисунок 2.7).

Текущие значение параметров технического состояния ГА с ГРЗ1 _____

Наименование СХТП _____

Дата заполнения _____

№ п/п	Наименование агрегата, узла	Наименование параметра технического состояния	Единица измерения	Значение параметра		Типизированный коэффициента α	Параметры текущей диагностики	Результаты прогнозирования	Параметры предыдущей диагностики
				номинальное, $П_н$	предельное, $П_п$				
1.									
2.									
…									
N.									

Сведения подготовил специалист СХТП _____

Рисунок 2.7 – Форма подготовки информации для листа «Текущие значения параметров технического состояния ГА с ГРЗ1»

На четвертом листе с наименованием «ГРЗ2», образованным с использованием в качестве «ГРЗ2» символов фактического государственного регистрационного знака второй рассматриваемой единицы грузового автомобиля размещены аналогичные таблицы, что и на третьем листе.

Аналогично описанному варианту форм формируются следующие листы и далее с учётом количества единиц грузовых автомобилей рассматриваемой модели.

Если количество диагностирований одного и тоже параметра осуществляется несколько раз (в период плановых ТО) оценённые значения скоростей $v^{Д}_{c1}$, $v^{Д}_{c2}$, …, $v^{Д}_{ck}$ при 1-м, 2-м, …, k-м диагностировании (k – число диагноза) также должны быть учтены для более точной оценки остаточного ресурса. Следовательно, вышеуказанное множество v_{c1}, v_{c2}, …, v_{cn} расширено следующим образом для каждого параметра в виде: «=СРЗНАЧ(' КамАЗ-45143_5'!J8;' Кам с040тс'!J8;' Кам к771нн'!J8; ' КамАЗ-45143_3'!J8; ' КамАЗ-45143_4'!J8;' КамАЗ-45143_3'!J8)».

Таким образом, взамен допущения о неизменности скорости изменения прогнозируемого параметра, появится возможность статистической оценке его характеристик [85].

Прогнозирование технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по параметрам его технического диагностирования выполняется расчётами по приведенным выше соотношениям, уточняя тем самым статистическую оценку прогнозируемого параметра. При этом взамен вышеуказанного допущения о неизменности скорости изменения прогнозируемого параметра, появится возможность учета его статистических характеристик. Одновременно с этим корректируется и величина α [55].

Результаты решения задачи по прогнозированию представляются в документах «Заключения по результатам диагностирования агрегатов и узлов грузового автомобиля» и «Операции диагностирования агрегатов и узлов автомобиля при очередном ТО1».

Сформированные блоки усовершенствованной системы ПАИС на компью-

тере размещаются в директории с наименованием «ПАИС». Здесь же размещается файл «Meny1», содержащий головной блок. В нем предусматриваются наборы меню, соответствующие гиперссылки переходов к просмотру содержания книг с информацией подготовленных блоков с учётом их многоуровневого представления и возможных вариантов оперирования контентом ПАИС. Для размещения информации каждого из вышеуказанных блоков в директории формируются поддиректории с условными наименованиями, присвоенными соответствующим блокам информационного фонда. Перед процедурой непосредственного формирования блока осуществляется подбор необходимых информационных компонентов, обеспечивая их полноту и содержательность

2.6 Обоснование алгоритма использования усовершенствованной системы по назначению

Обоснование алгоритма использования усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам технического диагностирования ориентирован на конечного пользователя, не обладающего высокой квалификацией в области информационных технологий. В связи с этим рекомендации по использованию усовершенствованной системы ПАИС будет поставляться в комплекте с системой на носители и содержаться в текстовом и схематичном варианте инструкции по поиску нормативно-справочной информации работе с ним.

Общая схема инструкции по поиску нормативно-технического материала и работе с ним будет выглядеть в виде алгоритма функционирования усовершенствованной системы ПАИС и будет представлен как следующая последовательность процедур:

1. Порядок включения ЭВМ и вход в усовершенствованную систему ПАИС.

2. Определение вида проводимого ТО с последующим выбором операций данного ТО и настройка усовершенствованной системы ПАИС в соответствии с

заданием.

3. Вход в настроенный вариант усовершенствованной системы ПАИС и просмотр последовательности операций технологического процесса по блоку «Операции технического диагностирования и ТО».

4. Сбор данных по результатам диагностирования автомобиля по остаточным ресурсам основных узлов и агрегатов.;

5. Прогнозирование остаточного ресурса параметров технического состояния узлов и агрегатов грузового автомобиля по результатам технического диагностирования и определение операций его обслуживания.

Инструкция будет включать схему взаимоувязки информационных блоков для более быстрой и удобной работы по порядку перехода от одного информационного блока к другому без выхода из используемого блока. А также методы форм записей данных для процедуры прогнозирования, порядка реализации процедуры прогнозирования на компьютере.

Данные рекомендации в обязательном порядке обязаны быть ориентированы на использование в сегменте Российских предприятий и представлены только на русском языке. Кроме этого, будут ориентированы на конечного пользователя, не обладающего высокой квалификацией в области вычислительной техники. Поэтому данный нормативно-технический материал будет включать: ячейки с нормативно-справочной информацией, защищенные от случайного пользователя паролем и порядок переустановки программы с носителя из-за потери данных по «техническим причинам», а также случайных потерь нормативно-технического материала в силу недостаточной квалификации персонала

При разработке и использовании усовершенствованной системы ПАИС дополнительно учитываются виды носителей для передачи и её тиражирования, как и все современное программное обеспечение, данная усовершенствованная система ПАИС должна поставляться на CD- или DVD-носителях, а также с использованием интернет-ресурсов. Усовершенствованная система ПАИС должна работать нормально под любой операционной системой. Особых требований к процессору и оперативной памяти не предъявляются

Сформированные блоки усовершенствованной системы ПАИС на компьютере размещаются в директории с наименованием «ПАИС 2.0». Здесь же размещается файл «Старт», содержащий головной блок. В нем предусматриваются наборы меню и соответствующие гиперссылки переходов к просмотру содержания НТМ подготовленных блоков с учетом их многоуровневого представления и возможных вариантов оперирования контентом усовершенствованной системы ПАИС.

На первом этапе разработки основное внимание уделяется базовым, наиболее распространенным моделям грузовых автомобилей, используемых в АПК. В качестве методической основы принята информационная технология, основанная на использовании средств формирования гипертекстовых баз знаний [16].

2.7 Выводы по главе

1. На основе теоретических исследований была разработана информационная модель усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей, отличающаяся от более ранних версий тем, что в неё интегрированы дополнительные блоки для реализации функции прогнозирования на основе результатов технической диагностики автомобилей.

2. Обоснованы номинальные и предельные диагностические параметры грузовых автомобилей семейства ГАЗ (3307, 3309 с бензиновым двигателем и 33081с дизельным двигателем), что положительно влияет на точность прогнозирования.

3. На основе разработанной информационной модели обоснован и сформирован прототип усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам технического диагностирования.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Программа экспериментальных исследований включала следующие этапы:

1. Обосновать функциональную схему усовершенствованной системы ПАИС.

2. Разработать прототип усовершенствованной системы ПАИС для функционирования в среде офисных программ.

3. Произвести лабораторные испытания для усовершенствованной системы ПАИС.

4. Осуществить корректировку программного обеспечения усовершенствованной системы ПАИС с учетом результатов лабораторных испытаний.

5. Провести производственную проверку прототипа усовершенствованной системы ПАИС в условия одного из хозяйств АПК Новосибирской области.

6. Выполнить статистическую обработку результатов экспериментального исследования.

3.2 Функциональная схема усовершенствованной системы ПАИС

В результате проведенных теоретических исследований, изложенных в предыдущей главе, была разработана информационная модель усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов на основе данных технического диагностирования и разработан прототип действующей системы. В ходе реализации программы экспериментальных исследований были внесены корректировки и обоснована функциональная схемы усовершенствованной системы ПАИС (Рисунок 3.1), которая послужила основой для доработки разработанного прототипа системы для дальнейших экспериментальных исследований.

В процессе моделирования были учтены ключевые параметры и характеристики диагностируемых объектов, что позволило создать комплексную структуру, обеспечивающую интеграцию различных модулей сбора, обработки и анализа данных.

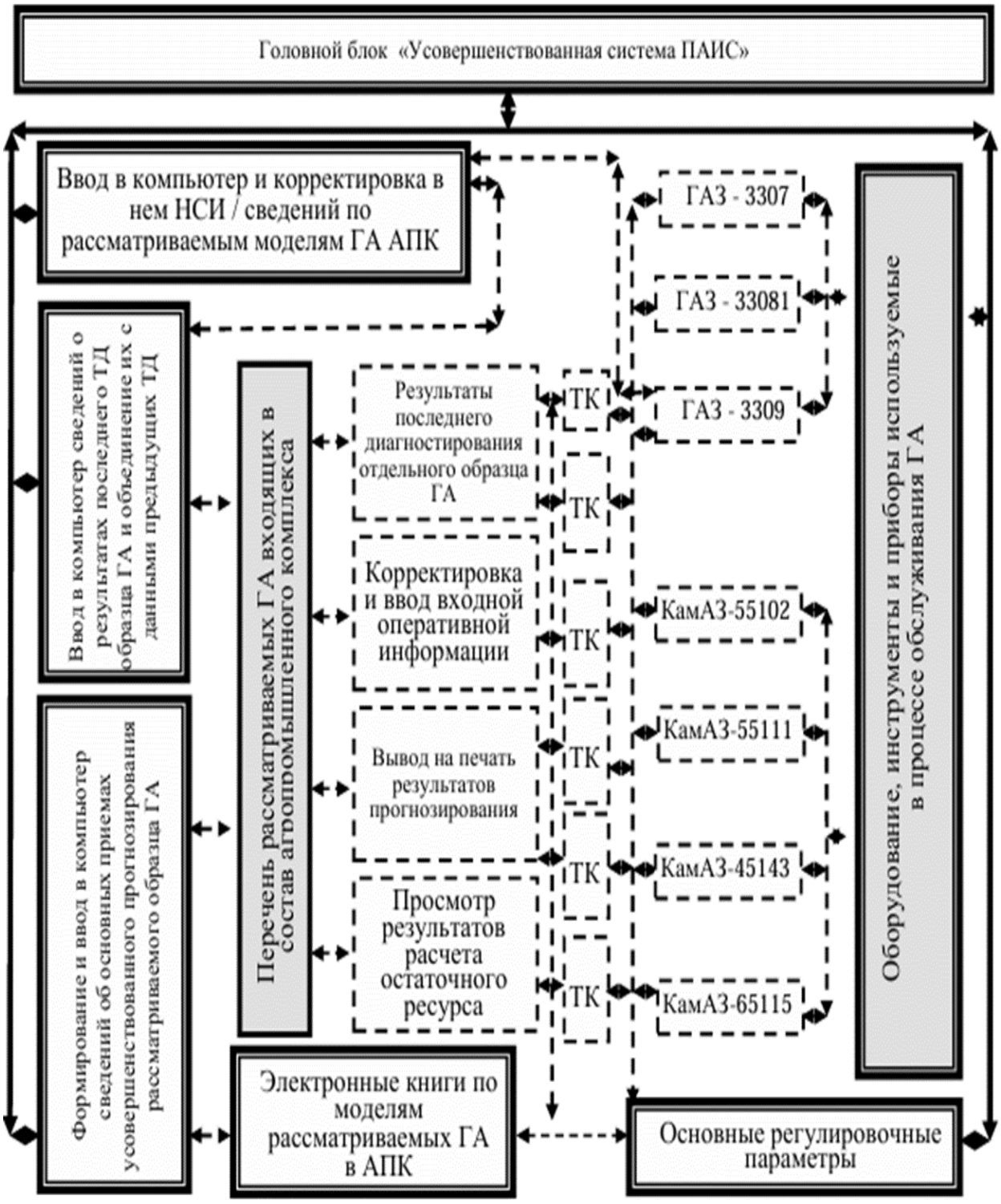


Рисунок 3.1 – Функциональная схема ПАИС (▭ блоки индивидуального характера, ▭ – однотипные блоки горизонтальной интеграции контентов; ⟷ – структурные связи головного блока, ⟷ межблочные связи).

Разработанная функциональная схема ПАИС включает в себя раскрытые информационные блоки, состав усовершенствованной системы, а также интерфейсы для визуализации результатов и взаимодействия с пользователем. На наш взгляд такой подход обеспечивает высокую степень адаптивности и точности прогнозирования, что является критически важным для повышения надежности и эффективности эксплуатации транспортных средств.

3.3 Методика проведения лабораторных испытаний

Проверка прототипа сформированной усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам технического диагностирования в лабораторных условия проводилась для проверки корректности её функционирования, проверки адекватности и точности прогнозирования на персональном компьютере.

Методика проведения лабораторных испытаний заключалась в использовании за ранее известных и не вызывающих сомнения диагностических параметров. В качестве примера использовались номинальные и предельные параметры автомобилей семейства ГАЗ (Приложение А).

Алгоритм работы заключался в следующем:

- моделировалась ситуация проведения технической диагностики при плановых ТО;
- в систему загружались известные диагностические параметры;
- осуществлялось прогнозирование технического состояние какого-либо узла или агрегата;
- проверялась адекватность прогнозов путём сравнения выданных системой вариантов технического воздействия с требованиями завода изготовителя.

При проведении лабораторных испытаний дополнительно проверялась ра-

ботоспособность усовершенствованная система ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей в разных операционных системах (Windows, Astra Linux) и в разных офисных пакетах программ (Microsoft Excel, LibreOffice Calc).

3.4 Методика проведения производственной проверки системы

Производственная проверка усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам технического диагностирования проводилась на производственной базе ЗАО «Новомайское» Краснозерского района Новосибирской области.

В процессе производственных испытаний усовершенствованную систему ПАИС установили на компьютер пункта технического обслуживания и осуществили настройку и наполнение программы информационными данными применительно к парку грузовых автомобилей хозяйства. К учету принимали количество обслуживаемых грузовых автомобилей, участвующих в производственной проверке, за основу берем статистический анализ прохождение планового ТО-1, ТО-2 и СО.

Выбор места проведения наблюдений обеспечивает наиболее характерные условия эксплуатации и режимы работы, предусмотренные стандартами и техническими условиями на конкретный вид грузового автомобиля.

Планирование наблюдений предусматривает выбор объектов, планов наблюдений, условий эксплуатации и режимов работы автомобилей.

Объектами наблюдений являются однотипные технические объекты (выборка или несколько выборок, проба или несколько проб), не имеющие конструктивных или других различий, изготовление по единой технологии и эксплуатирующиеся, использующиеся или испытывающийся в идентичных условиях.

В основу наблюдений положен план, устанавливающий число объектов

наблюдений, порядок проведения наблюдений и критерии их прекращения.

Фрагмент журнала наблюдений представлен на рисунке 3.2

1	**Выполнить прогнозные расчеты остаточных ресурсов**		**Модель ГА**							
2			ГРЗ							
3										
4	Наименование агрегата, узла, кинематической	Параметр состояния	Единица измерения	Значение параметра		дата замеров параметров текущей диагностики				
5				номинальное , Пн	предельное , Пп	12.10.2024	15.12.2024	20.02.2025	18.04.2025	26.05.2025
6	**Автомобиль в целом**	Контрольный расхода топлива	л/100 км	20,00	29,40					
7		Мощность (или тяговая сила) на ведущих колесах	кВт	161,60	76,50					
8		Удельный расход топлива	г/л.с.	220,00	98,00					
9		Потеря мощности на прокрутку трансмиссии и ведущих колес	кВт	260,00	245,00					
10	**Двигатель и система электрооборудования**	Эффективность, мощность на коленчатом валу	кВт	191,18	180,15					
11		Мощность, затрачиваемая на прокручивание двигателя	кВт	38,50	41,50					
12		Давление в конце такта сжатия в цилиндрах двигателя	кПа	155,00	168,00					
13		Разность давления в конце такта сжатия между отдельными цилиндрами	кПа	28,00	110,00					
14		Минимально устойчивая частота вращения	мин$^{-1}$	5,00	50,00					
15		Изменение частоты вращения коленчатого вала при последовательном отключении каждого из цилиндров	(или %)	3,00	15,00					

Рисунок 3.2 – Фрагмент журнала наблюдений за объектом.

Для составления плана наблюдений при ТО наиболее подходящим является план [NMT]. Это объясняется следующими особенностями:

1. В отличие от планов [NUT] и [NRT], где отказавшие изделия либо снимаются с испытаний навсегда (U), либо заменяются новыми (R), план [NMT] предполагает восстановление каждого отказавшего изделия.

2. При ТО основной задачей является поддержание работоспособности ГА путем его регулярного восстановления после отказов или планово-предупредительного ТО.

Доверительную вероятность γ выбирают из ряда: 0,80; 0,90; 0,95; 0,99.

Предельная относительная ошибка ϭ оценки соответствующего показателя надежности, представляющая собой меру точности оценки показателя надежности:

$$\text{ϭ} = \max\left(\frac{A-A_H}{A}, \frac{A_B-A}{A}\right), \quad (3.1)$$

где A -оценка показателя надежности;

A_H - нижняя граница одностороннего доверительного интервала (A_H,∞) при заданной доверительной вероятности γ;

A_B - верхняя граница одностороннего доверительного интервала (A_B,∞) при заданной доверительной вероятности γ.

Предельную относительную ошибку (ϭ) выбирают из ряда: 0,05; 0,10; 0,15; 0,20.

Требуется определить продолжительность наблюдений Т при следующих исходных данных: доверительная вероятность γ = 0,95; предельная относительная ошибка σ = 0,15

Коэффициент вариации v = 0,2 (Коэффициент вариации (v) вычисляется по формуле:

$$\nu = (\sigma / k) \times 100\% \quad (3.2)$$

где: σ - среднеквадратическое отклонение случайной величины;

k - среднее (ожидаемое) значение случайной величины; число объектов наблюдения N = 11

В соответствии с нашим планом наблюдений для N=11, γ=0,95, σ=0,15 и v=0,2 находим значение k. В таблице ближайшее значение k для v=0,2 находится в интервале, поэтому используем ближайшие значения для v=0,2 и по интерполяции из таблицы получаем: $k \approx 0{,}65$

Расчет продолжительности наблюдений рассчитывается по формуле:

$$T = k \times T\text{ср} \quad (3.3)$$

где T - искомая продолжительность наблюдений;

k - коэффициент, зависящий от заданных параметров;

Tср - среднее значение наработки до отказа.

Примем среднее значение наработки до отказа Тср = 400 часов.

Для составления плана наблюдения необходимо определить продолжительность наблюдений (Т) для 11 единиц грузовых автомобилей, чтобы доверительная вероятность составляла γ=0,95 предельная относительная ошибка в определении средней наработки до отказа не превышала σ=0,15. Используем формулу для вычисления продолжительности наблюдений.

Исходя из вышеизложенной методики проведения наблюдения считаем, что для достижения доверительной вероятности γ=0,95 и предельной относительной ошибки σ=0,15 при коэффициенте вариации ν=0,2 и числе объектов наблюдения N=11, продолжительность цикла наблюдений за грузовыми автомобилями в ходе

плановых ТО должна составлять не менее 260 часов.

Для эффективной и бесперебойной работы усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов было разработано руководство пользователя (Приложение Е).

Работа по наблюдению за грузовыми автомобилями осуществлялась в условиях пункта технического обслуживания (Рисунок 3.3). Усовершенствованная система была установлена на портативный компьютер со следующими параметрами: процессор Intel(R) Core(TM) i5-2410M CPU @ 2.30GHz 2.30 GHz; оперативная память 8,00 ГБ; видеоадаптер Intel(R) HD Graphics 3000; накопитель SCSI Apacer&Prod AS350 512GB; оптический привод DVD+-RW.

Рисунок 3.3 – Работа по наблюдению в условиях хозяйства

Полученные диагностические параметры в ходе технического диагностирования заносятся в соответствующие блоки усовершенствованной системы ПАИС.

Помимо внесения полученной информации в систему, ведётся журнал наблюдений, куда также вносятся результаты технического диагностирования. Это

нужно для периодической сверки получаемых данных, загруженных в систему (Рисунок 3.4).

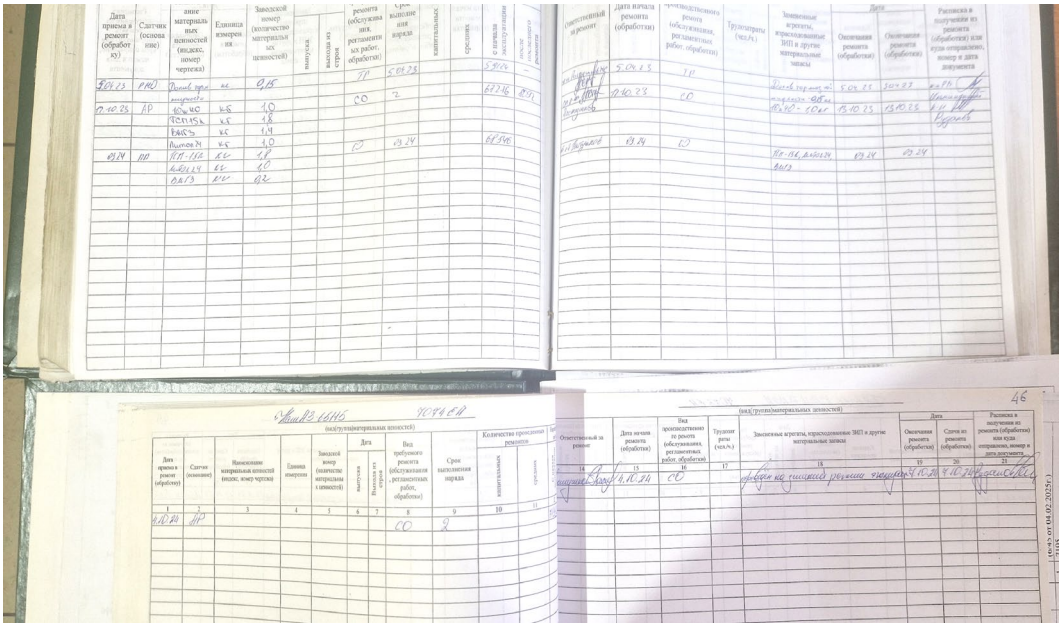


Рисунок 3.4 – Журнала наблюдений за объектом

3.5 Методика обработки результатов экспериментальных исследований.

Обработка результатов экспериментальных исследований производится путем выявления скоростей изменения параметров состояния сборочных единиц машины, путем непосредственных измерений их значений и последующей обработки результатов сравнивая их с номинальными и предельными диагностическими параметрами. По результатам измерений дается заключение о состоянии сборочных единиц и определяются виды воздействий на них, не проводя никаких расчетов. Так, если измеренное значение параметра, больше допускаемого или равно предельному значению, то сборочная единица подлежит обслуживанию. Если же измеренное значение меньше допускаемого значения или равно ему, то сборочная единица не требует ТО до очередного диагностирования [67].

Результаты диагностических операций сводятся в диагностический бланк, информация из заполненных в разное время диагностических бланков может быть сведена в накопительную карту или занесена в базу данных компьютера. Анализ сводной информации позволяет прогнозировать остаточный ресурс узлов и деталей

и более качественно выполнять работы.

Индивидуальные сведения о модели автомобиля, сроках его ввода в эксплуатацию (или капитальном ремонте), наработке заполняются в заранее разработанную таблицу листа наблюдения и непосредственно на местах проведения ТО и ТД. При расчете необходимые сведения, в том числе и результаты измеренных значений параметров диагностирования, будут вводится в ПК в разработанные формы таблиц. По результатам проведенных ПК расчетов будет формироваться отдельная таблица с результатами проведенного расчетного диагностирования и заключением по параметрам согласно следующих правил:

– если запас ресурса больше пробега автомобиля до очередного ТО-2, уменьшенного на 10 %, то выдается сообщение в виде «При очередном ТО-2»;

– если запас больше пробега автомобиля до очередного ТО-1, уменьшенного на 10 %, то выдается сообщение «При очередном ТО-1»;

– в противном случае – «Ремонт».

В формате наблюдения предусматривается хранение информации результатов предыдущих диагностических параметров.

Требования к обоснованию функций изменения параметра сводятся к следующему [63]:

1) Учет физической картины изменения параметра, в частности характер изменения параметра, межконтрольная наработка и др.

2) Возможность возрастания и отражения интегрального характера изменения параметра состояния элемента в зависимости от наработки или срока службы.

3) Универсальность, характеризующая прямолинейную, степенную и другие зависимости изменения параметра от наработки (срока службы).

4) Наличие минимального количества коэффициентов, облегчающие процесс более точного прогнозирования.

3.6 Выводы по главе

1. Разработанная программа экспериментальных исследований в полной мере

позволяет осуществить проверку теоретических положений на практике, определить пути совершенствования предлагаемой системы ПАИС.

2. Предложенная функциональная схема усовершенствованной системы ПАИС позволила сформировать рабочий вариант усовершенствованной системы ПАИС для дальнейших лабораторных и производственных проверок.

3. Производственная проверка в условиях реального сельхозпредприятия с привлечением 11 автомобилей КамАЗ позволит в дальнейшем сделать выводы о целесообразности и эффективности предлагаемой системы.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Производственная база проведения эксперимента

Как уже было сказано выше производственная проверка осуществлялась в условиях ЗАО «Новомайское». Данное хозяйство для обслуживания автомобилей располагает ремонтно-технической мастерской. Общая характеристика ремонтно-технической мастерской представлена в таблице 4.1. Вся информация об автомобилях приведена по состоянию на конец 2024, начало 2025 года.

Таблица 4.1 – Общая характеристика ремонтно-технической мастерской

Показатель	Величина
Номер типового проекта	816-1-183.90
Общая площадь, $м^2$	800
Число одновременно обслуживаемых автомобилей	8

В хозяйстве обслуживаются порядка 59 единиц сельскохозяйственной техники, представленных в таблице 4.2

Таблица 4.2 – Сельскохозяйственная техника ЗАО «Новомайская»

Наименование техники	Количество
Автомобили	20
Тракторы	16
Комбайны	5
Прочая сельскохозяйственная техника	18

На базе ремонтно-технической мастерской проводятся сезонное и все виды номерного ТО. Обслуживание автомобилей производится самими водителями, а в более сложных и трудоемких операциях задействованы специалисты ремонтно-технической мастерской, в противном случае автомобиль отправляется в специа-

лизированные центры. В среднем годовой ресурс обслуживаемых грузовых автомобилей КамАЗ составляет, на одну единицу, от 20 до 25 тыс. км.

Автопарк включает в себя 20 единиц автомобильной техники, представленной в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Автопарк ЗАО «Новомайское»

Марка	КамАЗ	МАЗ	ЗиЛ	УрАЛ	Итого
Количество	11	4	4	1	20

Общие сведения по обслуживаемым автомобилям марки КамАЗ отображены в таблице 4.4 Из данной таблицы видно, что средний возраст автомобилей составляет не более 10 лет.

Таблица 4.4 – Общие сведения по обслуживаемым автомобилям марки КамАЗ

Марка	Регистрационный номер	Дата ввода в эксплуатацию	Наработка с начала эксплуатации (кап.рем), км
КамАЗ-452803	Т061ВМ	25.12.11	305000
КамАЗ-55102	А505НУ	20. 05.16	395000
КамАЗ-55102	М254КА	01.10.19	180000
КамАЗ-450413	Р476УН	10. 02.18	360000
КамАЗ-45143	У623НК	10. 02.14	410000
КамАЗ-55102	А578НУ	07.05.21	53000
КамАЗ-55102	Е261КХ	16.05.11	489000
КамАЗ-55102	Е380НН	23.04.13	377000
КамАЗ-55215	Р615ХЕ	12.11.14	408000
КамАЗ-45143	М995ВО	01.11.20	187000
КамАЗ-45143	К065УУ	01.11.20	165000

Данные показатели одновременно указывают на повышение производительности труда и роста компетентности, квалификации специалистов инженерной службы (обслуживающего персонала), сокращение затрат на индивидуальную ра-

боту с обучаемыми при повышении их профессиональной подготовки по проведению операций ТО и технической диагностики автомобилей.

В процессе производственной проверки усовершенствованная система ПАИС была установлена на компьютер пункта технического обслуживания и настроена применительно к условиям ЗАО «Новомайское». Осуществлено обучение обслуживающего персонала приемам пользования системой. Эксплуатация системы проводилась в течение вышеуказанного периода путем практического выполнения операций технического диагностирования грузовых автомобилей КамАЗ в ходе плановых ТО.

4.2 Прототип усовершенствованной системы ПАИС

Формирование прототипа усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей начинается с главного меню, которое включает гиперссылки на автономные директории:

1. «Ввод в компьютер и корректировка в нем нормативно-справочной информации/сведений по рассматриваемым в системе моделям грузовых автомобилей агропромышленного комплекса».

2. «Ввод в компьютер сведений о результатах последнего диагностирования отдельного образца грузовых автомобилей агропромышленного комплекса и объединение их с данными предыдущих диагностирований».

3. «Формирование и ввод в компьютер сведений об основных приёмах усовершенствованного прогнозирования рассматриваемого образца грузовых автомобилей»

4. «Электронные книги по моделям рассматриваемых грузовых автомобилей сельхоз товаропроизводителя».

Главное меню усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам технического диагностирования представлено на рисунке 4.1

После запуска усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей перед нами раскрывается главное меню системы. Для работы с системой, ниже мы рассмотрим ссылку на каждую директорию в этом меню.

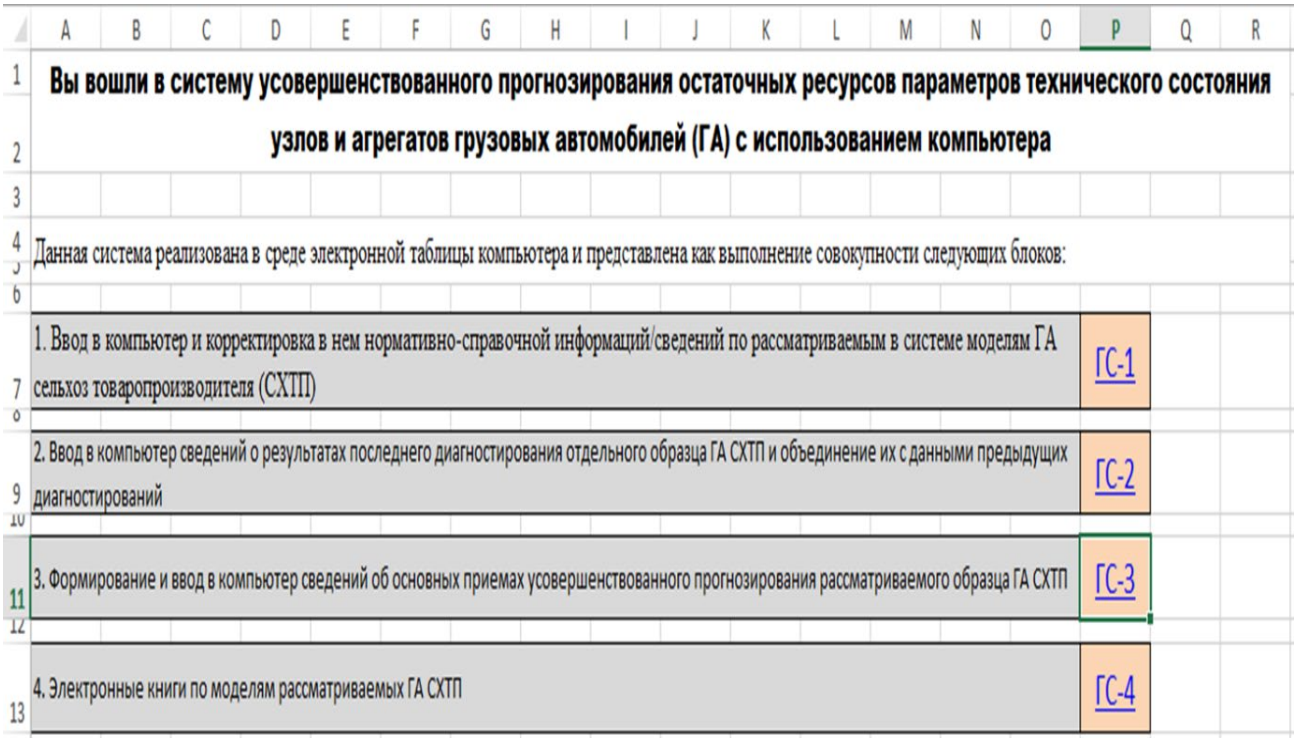


Рисунок 4.1 – Главное меню усовершенствованной системы ПАИС

Первый пункт: «Ввод в компьютер и корректировка в нем нормативно-справочной информации/сведений по рассматриваемым в системе моделям грузовых автомобилей агропромышленного комплекса» включает в себя компоненты, которые имеют свой код гиперссылки. Для просмотра выбранного компонента необходимо нажать на его гиперссылку. Компоненты разделены по направлениям деятельности и размещены в четырех директориях: Перечень наименования рассматриваемых моделей грузовых автомобилей, представленные в виде: текстовой переменной, количеством грузовых автомобилей по каждой модели в парке АПК, количеством учитываемых параметров технического состояния грузовых автомобилей

по каждой модели, наименованием всех параметров технического состояния грузовых автомобилей по всем моделям, номинальным и допустимым без ремонта значения всех перечисленным параметров технического состояния грузовых автомобилей.

Состав директорий включает в себя:

1) Общие сведения о ТО автомобилей.

2) Операции ТО при ежедневном техническом обслуживании (ЕТО).

3) Операции ТО при обкатке, после первых 1000 км Сервис-А.

4) Операции ТО при обкатке, после первых 5000 км Сервис-В.

5) Операции ТО при СО (Сервис-С).

6) Операции ТО при ТО-1 (Сервис-1).

7) Операции ТО при ТО-2 (Сервис-2).

Таким образом на первом уровне сгруппирован нормативно-технический материал, включающий в себя семь вышеперечисленных директорий с аналогичными наименованиями.

Ввиду многообразия рассматриваемых операций ТО, с целью повышения удобства получения нормативно-технического материала и его формирования, в работе с директориями (поддиректориями) применяются приемы обобщения и группирования. Исходя из этого, сформулирован полный набор наименований перечня операций, по которым в директории представлен нормативно-технический материал, затем по каждому информационному узлу приводится регистр, представленный фрагментом на рисунке 4.2, и на каждую из них следует гиперссылка.

3	Перечень рассматриваемых моделей грузовых автомобилей				
4	Наименование СХТП "Новомайское"				
5	Дата заполнения 05.04.2024				
6	№ п/п	Наименование (марка) модели	Число ГА модели	Гиперссылка к книге модели	Примечание
7	1.	ГАЗ-3307	2	Свод единиц ГА модели	
8	2.	ГАЗ-3309	1	Свод единиц ГА модели	
9	3.	КамАЗ-452803	1	Свод единиц ГА модели	
10	4.	КамАЗ-55102	5	Свод единиц ГА модели	
11	5.	КамАЗ-55215	1	Свод единиц ГА модели	
12	6.	КамАЗ-45143	4	Свод единиц ГА модели	

Рисунок 4.2 – Фрагмент меню по моделям грузовых автомобилей

Регистры технологических карт по техническому диагностированию по своему содержанию и оформлению однотипны. Каждая технологическая карта имеет свой порядковый номер в общей структуре усовершенствованной системы ПАИС.

Этот номер и является кодом гиперссылки для перехода к просмотру содержимого данной карты. В технологической карте приводятся подробные описание содержания и приемов работ, техническими требованиями к ним, с иллюстрацией устройства обслуживаемых узлов и деталей и с указанием применяемых приборов, инструмента.

В результате такого формирования блока пользователь может легко усмотреть наличие искомого нормативно-технического материала об интересующем его объекте и непосредственно перейти к его просмотру. Кроме того, облегчается процесс модификации и корректировки представленного блока.

Директория «Общие сведения о ТД автомобилей», содержит нормативно-технологический материал, включающий в себя общие сведения о видах ТО грузовых автомобилей, их предназначению, периодичностью проведения.

Директории «Операции ТО при ЕТО», «Операции ТО при обкатке, после первых 1000 км. Сервис-А», «Операции ТО при обкатка, после первых 5000 км. Сервис-В». «Операции ТО при СО. (Сервис-С)» состоят из поддиректорий второго уровня скомпонованные соответственно выполняемых видов работ по ТО и содержат нормативно-технологический материал, включающий в себя технологические карты и перечень операций ТО.

В директории компоненты «Операции ТО при ЕТО» скомпонован отдельной поддиректории, полный набор из 24 наименований перечня операций, которые предусмотрены техническим диагностированием при ЕТО и сгруппированы отдельной поддиректории с технологической картой выполнения данных операций.

Оформление поддиректорий, с набором из наименований перечня операций по технической диагностике, однотипны по своей структуре и содержанию.

В директории компоненты «Операции ТО при обкатка, после первых 1000 км. Сервис-А» скомпонован отдельной поддиректории полный набор из 131 наименования перечня операций, которые предусмотрены ТО при обкатке, после

первых 1000 км. и сгруппированы отдельной поддиректории содержащей технологические карты выполнения данных операций.

В директории компоненты «Операции ТО при обкатка, после первых 4000 км. Сервис-В» скомпонован отдельной поддиректории полный набор из 143 наименования перечня операций, которые предусмотрены ТО при обкатке, после первых 4000 км. Отдельной поддиректории с ТО в данной директории не предусмотрено, так как перечень операций по данному виду ТО включает аналогичные операции других видов ТО.

В директории компоненты «Операции ТО при сезонном обслуживании (СО). (Сервис-С)» скомпонован отдельной поддиректории полный набор из 84 наименований перечня операций, которые предусмотрены ТО при СО и сгруппированы отдельной поддиректории содержащей технологические карты выполнения данных операций.

Директории «Операции ТО при ТО-1. (Сервис-1)», «Операции ТО при ТО-2. (Сервис-2)» состоят из поддиректорий второго уровня скомпонованные соответственно выполняемых видов работ по ТО и содержат нормативно-справочный материал включающий в себя технологические карты по ТО и перечень операций ТО.

В директории компоненты «Операции ТО при ТО-1. (Сервис-1)», скомпонован отдельной поддиректории полный набор из 90 наименований перечня операций, которые предусмотрены ТО при ТО-1, сгруппированы отдельной поддиректории содержащей дополнительные технологические карты выполнения данных операций ТО. Технологические карты по ТО однотипны по своей структуре и содержанию с технологическими картами вышерассмотренных поддиректорий.

В директории компоненты «Операции ТО при ТО-2. (Сервис-2)» скомпонован отдельной поддиректории полный набор из 200 наименований перечня операций, которые предусмотрены техническим обслуживанием при ТО-2, сгруппированы отдельной поддиректории содержащей дополнительны технологические

карты выполнения данных операций ТО. Технологические карты по ТО однотипны по своей структуре и содержанию с технологическими картами вышерассмотренных поддиректорий.

Оформление данных поддиректорий, с набором из наименований перечня операций по видам ТО, однотипны по своей структуре и содержанию. Для просмотра выбранного компонента необходимо использовать гиперссылку в столбце «№ технологической карты по ТО» или «№ технологической карты по ТД».

Второй пункт: «Ввод в компьютер сведений о результатах последнего диагностирования отдельного образца грузовых автомобилей агропромышленного комплекса и объединение их с данными предыдущих диагностирований». В данном блоке приводятся подробное описание результатов последнего диагностирования отдельного образца грузовых автомобилей агропромышленного комплекса и объединение их с данными предыдущих диагностирований. Блок скомпонован и представлен в виде таблиц таблицы с компонентами.

Структура блока представляется как иерархически сформированная часть и представлена связующим текстом, выступающим в качестве меню данного блока. Все компоненты имеют свой код гиперссылки. Для просмотра выбранного компонента необходимо перейти на его гиперссылку. (Рисунок 4.3)

– возврат в предыдущее меню
– возврат в главное меню
– удалить из таблицы сведения по ГА определенной модели
– скорректировать сведения таблицы по определенной модели ГА
– дополнить таблицу сведениями по новой модели ГА
- при выборе гиперссылки вы попадаете на нормативно - справочные материалы выбранной модели

Свод единиц ГА модели КамАЗ-55102

Наименование СХТП Новомайское Дата заполнения 21.06.24 г.

№ п/п	Г Р З	Срок ввода в эксплуата-цию	Пробег предыдущего ТД	Дата последнего ТО	Пробег текущего ТД	примечание
1.	А505НУ	20.05.2016	380000	17.05.2024	395000	
2.	М254КА	01.10.2019	156387	12.10.2023	180000	
3.	А578НУ	07.05.2021	37965	09.05.2024	53000	
4.	Е261КХ	16.05.2011	474398	16.05.2024	489000	
5.	Е380НН	23.04.2013	362376	17.04.2024	377000	

ПМ | КамАЗ 55111 | КамАЗ 65115 | КамАЗ 45143 | КамАЗ 55102 | ГАЗ 3309 | ГАЗ 3307

Рисунок 4.3 – Фрагмент меню отдельных образцов в виде одной модели грузовых автомобилей

Компоновка программно-алгоритмических функций блока осуществлена с учётом диагностируемых систем автомобиля по конкретным узлам и агрегатам.

Для удобства оперирования информационным блоком по данному блоку создан файл под именем: «ПМ». Данный файл является головным, начальным для проведения прогнозирования и способствует выбору необходимой модели автомобиля с помощью перехода по гиперссылке.

Файл содержит таблицу наименованием «Перечень моделей ГА» в котором приводится перечень наименований моделей, рассматриваемых грузовых автомобилей с указанием их количества и гиперссылок на книгу соответствующей модели. Ниже таблицы для пользователя приводится текст пояснения в виде его возможных действий:

– удалить из таблицы сведения по грузовым автомобилям определенной модели;

– скорректировать сведения таблицы по определенной модели грузовых автомобилей;

– дополнить таблицу сведениями по новой модели грузового автомобиля.

Для расчёта остаточного ресурса на каждую модель грузового автомобиля отведён свой файл. Книга по грузовым автомобилям каждой модели формируется из следующих листов;

– лист 1 с наименованием «НСИ модели ГА», содержащий нормативно-справочную информацию по рассматриваемой модели грузового автомобиля;

– лист 2 с наименованием «Свод отдельных единиц ГА рассматриваемой модели» (кратко – «Свод единиц ГА модели»), содержащий рассматриваемый перечень грузовых автомобилей данной модели в парке АПК (Рисунок 4.4).

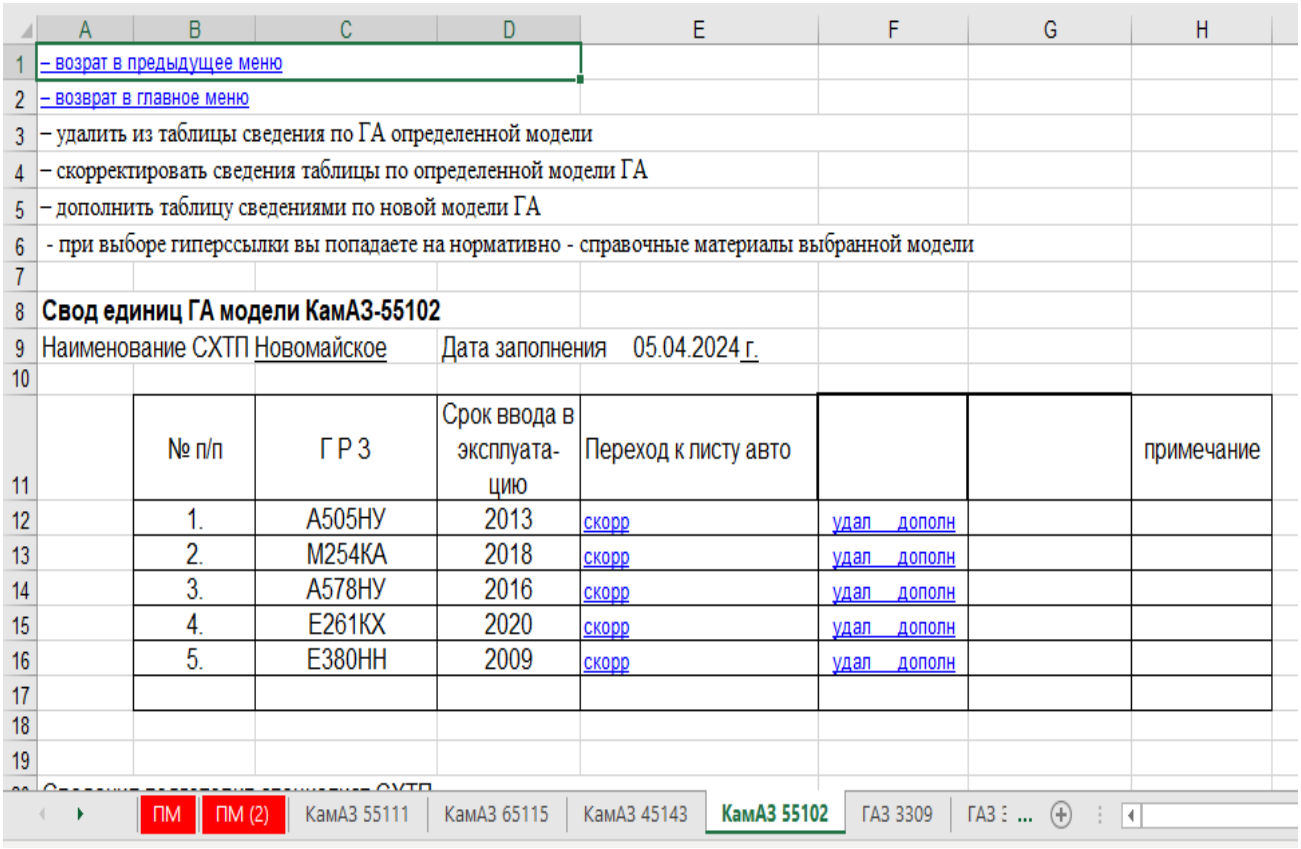
В режиме непосредственных действий в электронной таблице пользователь, оперируя листом 2 – «Свод единиц ГА модели», может:

– удалить из листа сведения по ГА определенной единицы, удаляя при этом и саму информацию по модели;

– скорректировать сведения по определенной единице ГА, не затрагивая саму информацию по модели;

– дополнить лист сведениями по новой единице ГА.

В случае необходимости он может возвратиться на предыдущий уровень действий.



– возврат в предыдущее меню
– возврат в главное меню
– удалить из таблицы сведения по ГА определенной модели
– скорректировать сведения таблицы по определенной модели ГА
– дополнить таблицу сведениями по новой модели ГА
- при выборе гиперссылки вы попадаете на нормативно - справочные материалы выбранной модели

Свод единиц ГА модели КамАЗ-55102

Наименование СХТП Новомайское Дата заполнения 05.04.2024 г.

№ п/п	Г Р З	Срок ввода в эксплуата-цию	Переход к листу авто			примечание
1.	А505НУ	2013	скорр	удал дополн		
2.	М254КА	2018	скорр	удал дополн		
3.	А578НУ	2016	скорр	удал дополн		
4.	Е261КХ	2020	скорр	удал дополн		
5.	Е380НН	2009	скорр	удал дополн		

ПМ | ПМ (2) | КамАЗ 55111 | КамАЗ 65115 | КамАЗ 45143 | КамАЗ 55102 | ГАЗ 3309 | ГАЗ ...

Рисунок 4.4 – Фрагмент таблицы «Перечень моделей ГА».

В таблице с наименованием – список моделей ГА содержится информация: модели автомобиля; государственный регистрационный знак, дата ввода в эксплуатацию, гиперссылка на переход к его листу, пробег после последнего ТО, пробег к моменту проведённой технической диагностики; дату диагностирования.

Прогнозирование оставшегося ресурса грузовых автомобилей по параметрам его технического состояния, выполняемого после осуществления очередного диагностирования, выводится по расчетам, учитывая результаты совместно с статистической оценкой прогнозного параметра по форме на рисунке 4.5

После таблицы на данном листе имеется пояснение для пользователя, в котором расположена гиперссылка с операцией:

– скорректировать нормативно-справочню информацию – Скорр3;

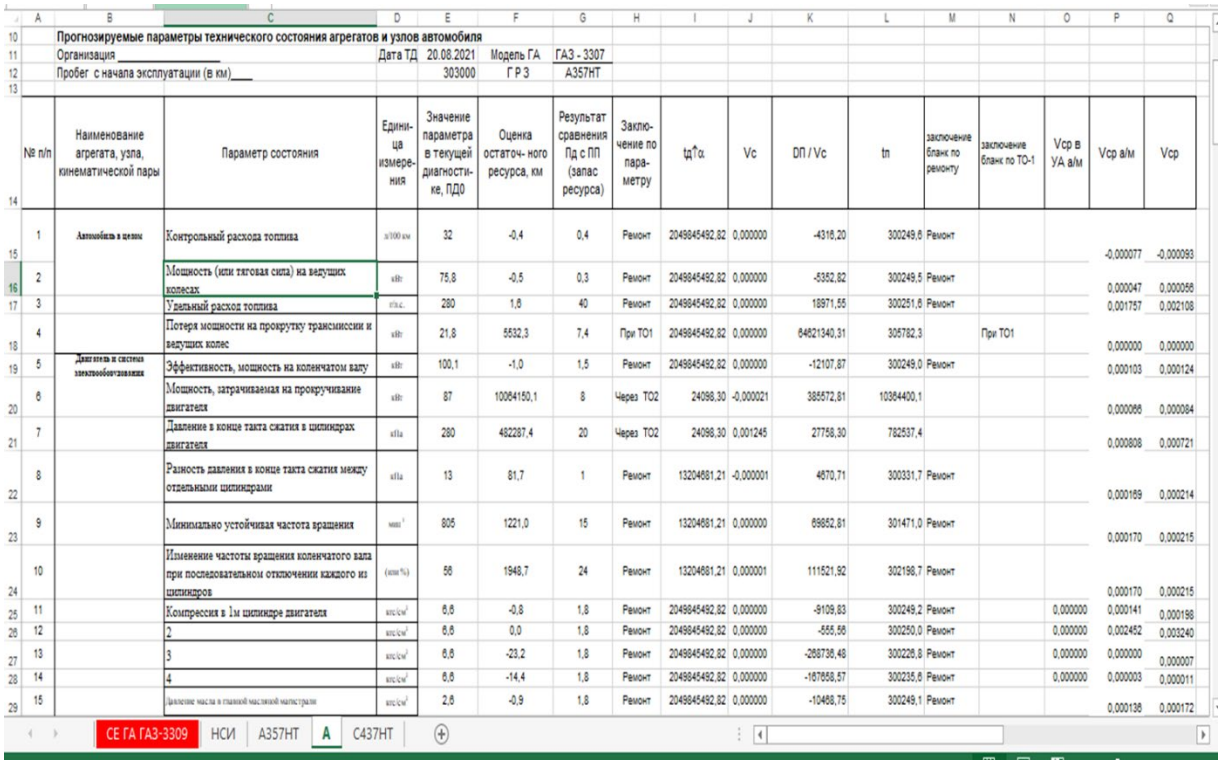
– выдача на печать бланка для записи сведений по диагностировании – ПечД;

– корректировка и ввод входной оперативной информация – Вод Опер;

– корректировка и ввод информация по совокупность приемов усовершенствованного прогнозирования – ПриемПрог;

– выдача на печать оперативной расчетной/выходной информация ПечВх;

– возврат на предыдущий уровень действий – Возв2.



Прогнозируемые параметры технического состояния агрегатов и узлов автомобиля

Организация _____ Дата ТД 20.08.2021 Модель ГА ГАЗ - 3307

Пробег с начала эксплуатации (в км)___ 303000 ГР З А357НТ

№ п/п	Наименование агрегата, узла, кинематической пары	Параметр состояния	Единица измерения	Значение параметра в текущей диагностике, ПД0	Оценка остаточ- ного ресурса, км	Результат сравнения Пд с ПП (запас ресурса)	Заключение по параметру	tgα	Vc	ДП / Vc	tn	заключение бланк по ремонту	заключение бланк по ТО-1	Vср в УА а/м	Vср а/м	Vср
1	Автомобиль в целом	Контрольный расход топлива	л/100 км	32	-0,4	0,4	Ремонт	2049845492,82	0,000000	-4316,20	300249,6	Ремонт			-0,000077	-0,000093
2		Мощность (или тяговая сила) на ведущих колесах	кВт	75,8	-0,5	0,3	Ремонт	2049845492,82	0,000000	-5352,82	300249,5	Ремонт			0,000047	0,000056
3		Удельный расход топлива	г/кВт.с	280	1,6	40	Ремонт	2049845492,82	0,000000	18971,55	300251,8	Ремонт			0,001757	0,002108
4		Потеря мощности на прокрутку трансмиссии и ведущих колес	кВт	21,8	5532,3	7,4	При ТО1	2049845492,82	0,000000	64821340,31	305782,3		При ТО1		0,000000	0,000000
5	Двигатель и система электрооборудования	Эффективность, мощность на коленчатом валу	кВт	100,1	-1,0	1,5	Ремонт	2049845492,82	0,000000	-12107,87	300249,0	Ремонт			0,000103	0,000124
6		Мощность, затрачиваемая на прокручивание двигателя	кВт	87	10064150,1	8	Через ТО2	24098,30	-0,000021	385572,81	10364400,1				0,000066	0,000084
7		Давление в конце такта сжатия в цилиндрах двигателя	кПа	280	482287,4	20	Через ТО2	24098,30	0,001245	27758,30	782637,4				0,000808	0,000721
8		Разность давления в конце такта сжатия между отдельными цилиндрами	кПа	13	81,7	1	Ремонт	13204681,21	-0,000001	4670,71	300331,7	Ремонт			0,000169	0,000214
9		Минимально устойчивая частота вращения	мин$^{-1}$	805	1221,0	15	Ремонт	13204681,21	0,000000	69852,81	301471,0	Ремонт			0,000170	0,000215
10		Изменение частоты вращения коленчатого вала при последовательном отключении каждого из цилиндров	(мин$^{-1}$%)	56	1948,7	24	Ремонт	13204681,21	0,000001	111521,92	302198,7	Ремонт			0,000170	0,000215
11		Компрессия в 1м цилиндре двигателя	кгс/см^2	6,6	-0,8	1,8	Ремонт	2049845492,82	0,000000	-9109,83	300249,2	Ремонт		0,000000	0,000141	0,000198
12		2	кгс/см^2	6,6	0,0	1,8	Ремонт	2049845492,82	0,000000	-555,56	300250,0	Ремонт		0,000000	0,002452	0,003240
13		3	кгс/см^2	6,6	-23,2	1,8	Ремонт	2049845492,82	0,000000	-268736,48	300228,8	Ремонт		0,000000	0,000000	0,000007
14		4	кгс/см^2	6,6	-14,4	1,8	Ремонт	2049845492,82	0,000000	-167658,57	300235,6	Ремонт		0,000000	0,000003	0,000011
15		Давление масла в главной масляной магистрали	кгс/см^2	2,6	-0,9	1,8	Ремонт	2049845492,82	0,000000	-10468,75	300249,1	Ремонт			0,000136	0,000172

СЕ ГА ГАЗ-3309 | НСИ | А357НТ | А | С437НТ

Рисунок 4.5 – Фрагмент листа с оценкой прогнозного параметра.

Далее, определив цель прогнозирования выводится лист на печать по форме как показано на рисунке 4.6, с рекомендуемым управляющим воздействием.

Параметры текущего диагностирования пользователь вносит в лист «Параметры диагностируемых агрегатов и узлов автомобиля» для более точного прогнозирования в последующем при учёте аналогичных параметров других образцов рассматриваемой модели автомобиля аналогично формируются подобного рода совокупности величин.

Сформированные блоки усовершенствованной системы ПАИС на компьютере размещаются в директории, здесь же размещается файл «Старт», содержащий головной блок. В нем предусматриваются наборы меню, соответствующие гиперссылки переходов к просмотру содержания книг с информацией подготовленных блоков с учетом их многоуровневого представления и возможных вариантов оперирования контентом усовершенствованной системы ПАИС.

СТАРТ | 1ГС1 | КамАЗ-55102 *

	A	B	C	D	E	F
124		Посмотреть результаты расчетов остаточного ресурса				
125						
126						
127		Бланк результата прогнозирования		Модель ГА	КамАЗ-55102	
128		Дата заполнения	21.06.2024	Г Р З	А357НТ	
129						
130	№ п/п	Наименование агрегата, узла, кинематической пары	Параметр состояния	Единица измерения	Оценка остаточного ресурса, км	Заключение по параметру
131						
132	1.	Автомобиль в целом	Мощность	л.с.	-972535,0741	Ремонт
133	2.			кВт	31319,34858	Через ТО2
134	3.		Часовый расход топлива	кг/ч	-189392,6511	Ремонт
135	4.		Удельный расход топлива	г/л.с.	13214,52733	При ТО2
136	5.		Количество газов, прорывающихся в картер двигателя	л/мин	2161214,15	Через ТО2
137	6.		Дымность отработавших газов на режиме свободного ускорения	%	-147876,0348	Ремонт
138	7.		Дымность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения кол. вала	%	2973,614564	Ремонт
139	8.	Двигатель и система питания	Компрессия в 1м цилиндре двигателя	кгс/см2	41620,89648	Через ТО2
140	9.		2	кгс/см2	41535,70554	Через ТО2
141	10.		3	кгс/см2	41473,45331	Через ТО2
142	11.		4	кгс/см2	43308,61515	Через ТО2
143	12.		Минимально устойчивая частота вращения	мин 1	9692,738882	При ТО1

Рисунок 4.6 – Фрагмент листа с результатами прогнозирования.

Для размещения информации каждого из вышеуказанных блоков в директории формируются поддиректории с условными наименованиями, присвоенными соответствующим блокам информационного фонда. Перед процедурой непосредственного формирования блока осуществляется подбор необходимых информационных компонентов, обеспечивая их полноту и содержательность.

Третий пункт меню здесь не рассматривается т.к. этот пункт предназначен для системных администраторов или разработчиков, которые должны обладать необходимыми компетенциями по корректировке работы усовершенствованной системы ПАИС.

Четвертый пункт является информационным и представляет: «Электронные книги по моделям рассматриваемых грузовых автомобилей сельхоз товаропроизводителя» усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам технического диагностирования рассмотрены следующие модели грузовых автомобилей: ГАЗ-3307, ГАЗ-3309, КамАЗ-452803, КамАЗ-55102, КамАЗ-55215 и КамАЗ-45143. В соответствии с этим в электронной таблице сформированы директории с теми же

наименованиями. Исходя из сказанного в указанной директории размещаются файлы: 1ГС1, ГАЗ-3307, ГАЗ-3309, КамАЗ-452803, КамАЗ-55102, КамАЗ-55215 и КамАЗ-45143. Для оперирования данной информацией в главном меню располагается гиперссылка для удобства пользования книгами напрямую с директории.

Данный блок может быть использован и в автономном режиме. На основе апробации приемов решения задач прогнозирования, применительно к имеющимся в АПК классам машин и к их множеству, можно отрабатывать в дальнейшем наиболее эффективные методические приемы формирования данного блока, совершенствуя как алгоритмические, так и нормативно-технические компоненты. Информация внутри блока включает в себя описание нормативных сведений по регулировочным параметрам обслуживаемых узлов и агрегатов при проведении операций технического диагностирование грузовых автомобилей. Данный файл представлен связующим текстом и выступающим в качестве меню данного блока. Для удобства работы материалы данных компонентов сгруппированы по системам и составным частям грузовых автомобилей КамАЗ и ГАЗ, все компоненты имеют свой код гиперссылки. Полный объем меню нормативно-справочного имеется непосредственно в сформированном блоке и представлен на рисунке 4.7

3	Перечень электронных книг рассматриваемых моделей грузовых автомобилей				
4	№ п/п	Наименование (марка) модели	Число ГА модели	Гиперссылка к книге модели	Примечание
5	1.	ГАЗ-3307	2	Эл. книга модели	
6	2.	ГАЗ-3309	1	Эл. книга модели	
7	3.	КамАЗ-45143	1	Эл. книга модели	
8	4.	КамАЗ-55102	1	Эл. книга модели	
9	5.	КамАЗ-55111	1	Эл. книга модели	
10	6.	КамАЗ-65115	2		
11					
12					
13					
14	Сведения подготовил специалист СХТП _____				

Рисунок 4.7 – Фрагмент меню с книгами по моделям ГА

При дополнении директорий блока «Операции технической диагностики автомобилей» новым нормативно-справочный материал, данный блок: «Основные

регулировочные параметры узлов и агрегатов» будет дополняться новой появляющейся соответствующей нормативно-технической базой.

Таким образом, после формирования прототипа усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей осуществляется насыщение её необходимой технической информации, программируются расчётные формулы в структуре взаимосвязи основных компонентов информационной модели. Для начала, готовая система тестируется на одном автомобиле, по результатам которого вносятся необходимые коррективы, после чего в неё загружается информация по всему парку автомобилей предприятия. Периодически необходимо осуществлять проверки адекватности прогнозных рекомендаций системы с требованиями завода-изготовителя грузовых автомобилей. По результатам лабораторных испытаний будет приниматься решение по корректировки работы системы, либо о дальнейшей эксплуатации.

4.3 Результаты производственной проверки

Всего было обслужено одиннадцать автомобилей КамАЗ моделей: 452803 – 1 ед., 55102 – 5 ед., 450413 – 1ед., 45143 – 3 ед. и 55215 – 1 ед. В результате производственной проверки установлено, что усовершенствованная система ПАИС обеспечивает НДО проведения операций ЕТО, ТО при обкатке (Сервис-А и Сервис-В), ТО-1 (Сервис-1), диагностирования Д-1 и Д-2, ТО-2 (Сервис-2), сезонного ТО. Операции технического диагностирования и ТО автомобилей представлены в виде единого технологического процесса их выполнения.

В ходе эксплуатации усовершенствованной системы ПАИС было установлено, что грузовые автомобили КамАЗ, участвующие в производственной проверке в среднем проходили плановое ТО-1 шесть раз в год и ТО-2 два раза в год. Результаты сокращений количества операций диагностирования при использовании усовершенствованной системы прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов ГА по результатам технической диагностики.

Для нахождения и воспроизведения на экране дисплея искомого материала по вопросам практического выполнения операций диагностирования затрачивается время в пределах 1,5-2 минут, что значительно меньше аналогичных затрат для случаев, когда оперируют разрозненной бумажной документацией. При выполнении средне-сложной операции диагностирования сокращение времени составляет 4-5 минут с учетом фактического уровня квалификации специалистов пункта технического обслуживания. Затраты времени на расчеты по оценке параметров технического состояния по результатам диагностирования сократились на 7-10 минут (Рисунок 4.8)

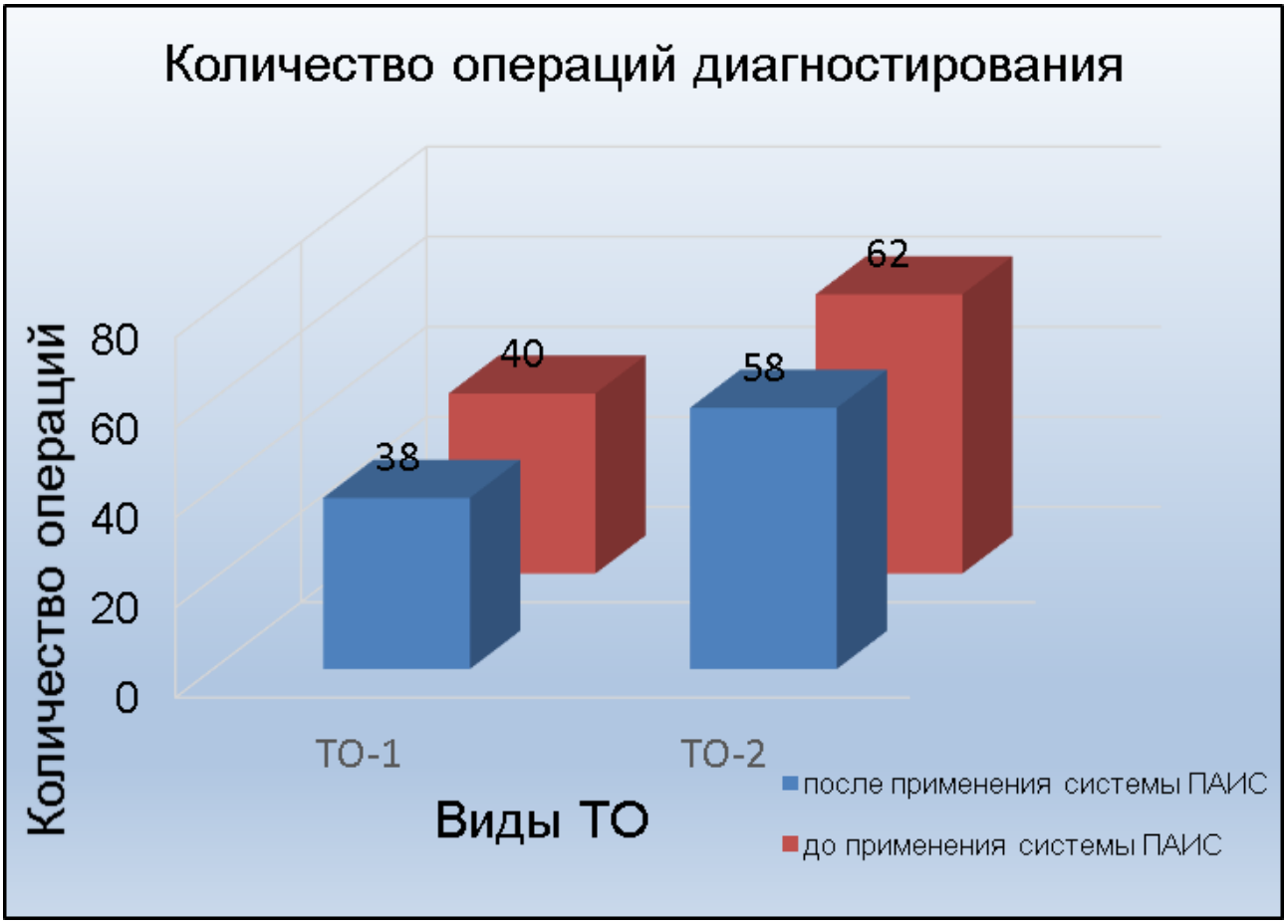


Рисунок 4.8 –Операции диагностирования при использовании усовершенствованной системы ПАИС

Использование усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по параметрам технической диагностики позволило снизить временные затраты при проведении некоторых операций ТО. Результаты до и после использования усовершенствованной

системы ПАИС прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технической диагностики (Рисунок 4.9).

Средние значение нормативных трудовых затраты при проведении плановых технических обслуживаний наблюдаемых автомобилей составило 38,6 чел/ч на один автомобиль в год, а выполнение того же объёма работ с использованием предлагаемой системы – 33,1 чел/ч.

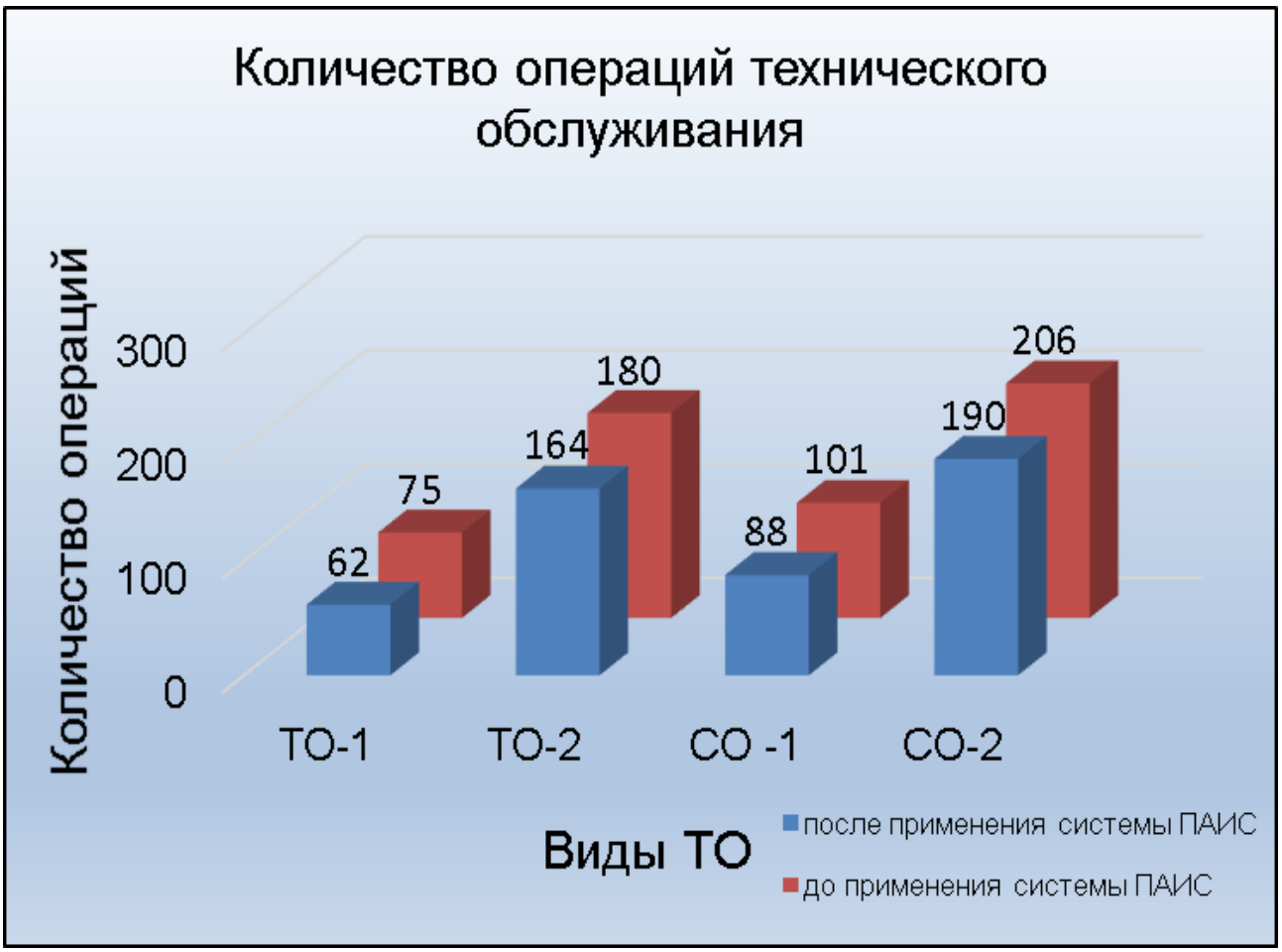


Рисунок 4.9 – Количество операций технического обслуживания при использовании усовершенствованной системы ПАИС

Использование усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования позволило снизить временные затраты при проведении некоторых операций ТО и технического диагностирования. Так, среднее суммарное сокращение трудозатрат на один грузовой автомобиль в

год при проведении плановых ТО составляет 2,7 чел/ч, технического диагностирования на 1,5 чел/ч, расчётов по прогнозированию диагностических параметров технического состояния узлов и агрегатов автомобиля на 1,3 чел/ч. В результате общее сокращение трудозатрат на один ГА в год составило 5,5 чел/ч.

Средние значение нормативных трудовых затраты при проведении плановых технических обслуживаний наблюдаемых автомобилей составило 38,6 чел/ч на один автомобиль в год, а выполнение того же объёма работ с использованием предлагаемой системы – 33,1 чел/ч (Рисунок 4.10).

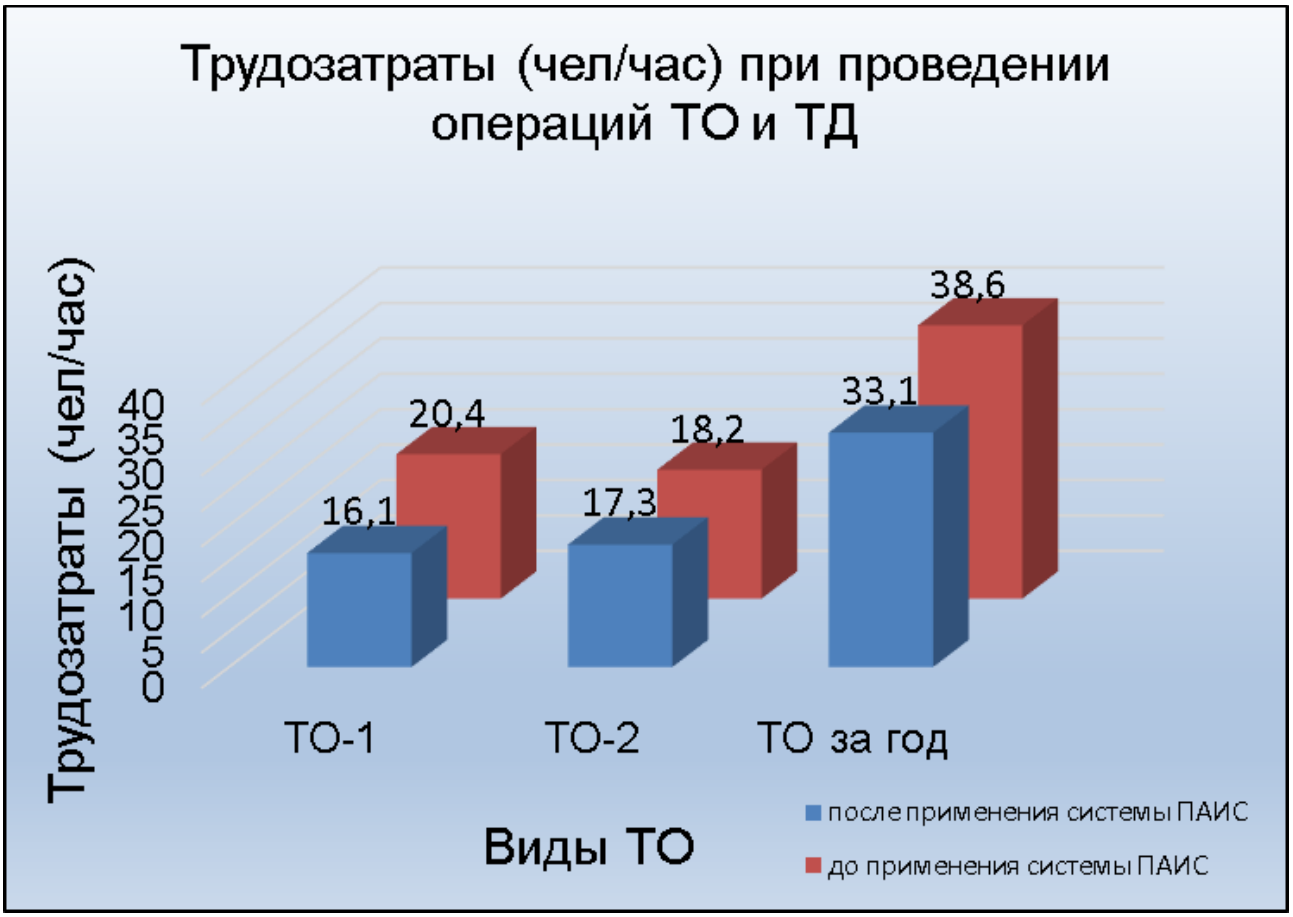


Рисунок 4.10 – Трудозатрат на проведение операций ТО при использовании усовершенствованной системы ПАИС

4.4 Выводы по главе

1. Установлено, что усовершенствованная система прогнозирования позво-

ляет более точно спрогнозировать необходимые параметры технического состояния и сформировать рекомендации о видах управляющих воздействий на узел или агрегат автомобиля, при этом общее сокращение трудозатрат на техническое обслуживание и диагностику на один автомобиль в год может достигать более 5 чел/ч.

2. Результаты производственной проверки свидетельствуют, что при выполнении всех видов технического обслуживания и технического диагностирования автомобилей семейства КамАЗ с применением усовершенствованной системы прогнозирования, сокращение трудозатрат на один автомобиль в год составило: на проведении технических обслуживаний до 2,7 чел/ч, на техническую диагностику до 1,5 чел/ч и на проведение расчётов по прогнозированию до 1,3 чел/ч.

3. Внедрение усовершенствованной системы ПАИС сокращает и упрощает расчётный процесс, увеличивает достоверность при прогнозировании показателей технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей.

5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение годовой эффективности от использования усовершенствованной системы ПАИС при проведении плановых ТО и технических диагностирований ($EF_{j\text{ТО}}$) осуществлялась по авторской методике, при помощи следующих зависимостей [42]:

$$EF_{j\text{ТО}} = EF\text{В}_{\text{П}TO} + EF\text{К}_O + EF\text{Т}_B + EFt_{\text{обсл}} + EFt_P + EFt_{po} - \text{ЭЗ}_{Ef\text{пас}}, \quad (5.1)$$

где j - модель конкретной единицы транспортного средства;

$EF\text{В}_{\text{П}TO}$– эффективность от уменьшения времени нахождения грузовых автомобилей на пункте сервисного обслуживания, руб.;

$EF\text{К}_O$– эффективность улучшения уровня сервиса, руб.;

$EF\text{Т}_B$–увеличения эффективности точности расчётов прогнозирования диагностических параметров, руб.;

$EFt_{\text{обсл}}$ – эффективность сокращения операций обслуживания, руб.;

EFt_P– эффективность сокращения показателя трудоёмкости выполнения расчётов по прогнозированию показателей технического состояния грузовых автомобилей j-й модели, руб.;

EFt_{po} – эффективность уменьшения времени на ТО, руб.;

$\text{ЭЗ}_{Ef\text{пас}}$ – эксплуатационные затраты на разработку усовершенствованной системы ПАИС, руб.

Уменьшение временных затрат (it_j) ТО и технической диагностики посредством использования усовершенствованной системы ПАИС рассчитывается по формуле:

$$it_j = it_{Oj} + it_{\text{Д}j} + it_{\text{П}j}, \quad (5.2)$$

где it_{Oj} – снижение показателя временных затрат на осуществление действий по ТО грузовых автомобилей *j*-модели, чел/ч;

$it_{\text{Д}j}$ – снижение показателя временных затрат на осуществление операций технического диагностирования грузовых автомобилей j-модели, в чел/ч;

$it_{\text{П}j}$ – снижение показателя временных затрат на осуществление операций

прогноза диагностических параметров агрегатов и узлов грузовых автомобилей j-модели, чел/ч.

Формула для расчёта значения it_{Oj}, входящего в (5.2):

$$it_{Oj} = t_{\text{скр}\,Oj}\,(Q_{(TO1j)}K_{(Oj)} + Q_{(TO2j)}\,K_{(O2j)} + Q_{COj}K_{(OCOj)})\,B_{\text{ПАИС}}, \quad (5.3)$$

где $t_{\text{скр}\,Oj}$ – снижение показателя временных затрат на выполнение одной операции ТО ГА j-модели, мин.;

$Q_{(TO1j)}$, $Q_{(TO2j)}$, Q_{COj} – количество операций видов ТО;

$K_{(O1j)}$, $K_{(O2j)}$, $K_{(OCOj)}$ – количество операций, выполняемых при ТО;

$В_{\text{ПАИС}}$ – вероятность использования усовершенствованной системы ПАИС для получения информации по техническому диагностированию при ТО.

Показатель $it_{\text{Дj}}$ вычисляется по формуле:

$$it_{Дj} = t_{\text{сокр.Д}j}\,(Q_{(TO1j)}Q_{(Д1j)} + Q_{(TO2j)}K_{(Д2j)})B_{\text{ПАИС}}, \quad (5.4)$$

где $t_{\text{сокр.Д}j}$ – снижение показателя временных затрат на выполнение одной операции технического диагностирования грузовых автомобилей j-модели, мин.;

$K_{(Д1j)}$, $K_{(Д2j)}$ – количество операций при диагностировании, выполняемых в объёме ТО за год.

Предполагается, что расчёт показателя $it_{\text{Пj}}$ будет выполняться при ТО-2 с использованием выражения:

$$it_{\text{П}j} = t_{\text{скрП}j}\,(Q_{(TO2j)}K_{\text{П}j})B_{\text{ПАИС}}, \quad (5.5)$$

где $t_{\text{скрП}j}$ – снижение показателя временных затрат на выполнения одной операции диагностических параметров прогнозирования, мин.;

$К_{\text{Пj}}$ – число прогнозируемых технических параметров грузовых автомобилей.

Расчёт эффективности $EF_{\text{Х}}$ от применения предлагаемой системы в масштабах сельскохозяйственного предприятия производится по формуле:

$$EF_{\text{Х}} = EF_1 * Q_1 + EF_2 * Q_2 + \ldots + EF_{\text{К}} * Q_K; \quad (5.6)$$

где EF_1, EF_2,..., $EF_{\text{К}}$ – эффекты от моделей *N1, N2, ..., NK* ГА соответственно;

Q_1, Q_2, ..., Q_K – количество ГА в АПК моделей *N1, N2,...,NK* соответственно.

Рассчитанная эффективность от сокращения трудоёмкости на проведение

операций ТО и ТД для одного автомобиля составляет 4125 руб., при средней стоимости нормо-часа 750 руб. Таким образом, средние затраты обслуживания на один автомобиль в год с использованием усовершенствованной системы ПАИС составят 24825 руб. Результаты оценки экономической эффективности отражены в таблице 5.1

Таблица 5.1 Результаты оценки экономической эффективности

Наименование показателей	Значения показателей
Среднее суммарное сокращение трудозатрат на один ГА в год при проведении планового технического обслуживания.	2,7 чел/ч
Среднее суммарное сокращение трудозатрат на один ГА в год при проведении плановой технической диагностики.	1,5 чел/ч
Среднее суммарное сокращение трудозатрат на один ГА в год по прогнозированию.	1,3 чел/ч
Общее сокращение трудозатрат на один ГА в год.	5,5 чел/ч
Средние значение нормативных трудовых затраты при проведении плановых ТО на один автомобиль в год.	38,6 чел/ч
Средние значение нормативных трудовых затраты при проведении плановых технических обслуживаний на один автомобиль в год с использованием усовершенствованной системы ПАИС.	33,1 чел/ч
Эффективность от сокращения трудоёмкости на проведение операций ТО и ТД (при средней стоимости нормо-часа 750 руб.).	4125 руб.
Средние затраты обслуживания на один автомобиль в год с использованием усовершенствованной системы ПАИС.	24825 руб.
Сумма удельных затрат на один автомобиль.	5454 руб.
Экономическая эффективность от применения усовершенствованной системы ПАИС при использовании её в ходе производственной проверки (11 единиц КамАЗ) в год.	45375 руб.
Предполагаемая расчётная экономическая эффективность от применения усовершенствованной системы ПАИС при проведении плановых ТО и ТД грузовых автомобилей (около 5000 грузовых автомобилей) в АПК НСО в год.	около 19 млн руб.

При определении удельных затрат от внедрения предлагаемой системы исходили из того, что стоимость персонального компьютера с предустановленной усовершенствованной системой ПАИС составляет 60000 руб. В пересчёте на один автомобиль из участвующих в производственной проверке, сумма удельных затрат составит около 5454 руб. Расчётная экономическая эффективность от применения усовершенствованной системы ПАИС при проведении плановых операций ТО и технической диагностики на примере 11 ГА КамАЗ ЗАО «Новомайское» составит 45375 руб. в год, со сроком её окупаемости, при внедрении в производственный процесс, около одного года и четырёх месяцев (1,32 года).

В АПК Новосибирской области по состоянию на 1 января 2025 года имелось на балансе 4589 грузовых автомобилей. Внедрение и применение предлагаемой системы ПАИС в хозяйства области позволит получить расчётная экономическая эффективность около 19 млн. рублей.

5.1 Выводы по главе

1. Рассчитанная эффективность от сокращения трудоёмкости на проведение операций ТО и ТД для одного автомобиля составляет 4125 руб., при средней стоимости нормо-часа 750 руб. Таким образом, средние затраты обслуживания на один автомобиль в год с использованием усовершенствованной системы ПАИС составят 24825 руб.

2. Ожидаемый годовой экономический эффект от применения усовершенствованной системы ПАИС на примере 11 автомобилей семейства КамАЗ ЗАО «Новомайское» Краснозерского района составляет около 45 тыс. руб., со сроком окупаемости один год и четыре месяца.

3. Предполагаемый расчётный экономический эффект от внедрения предлагаемой системы в хозяйства АПК Новосибирской области может достигать 19 млн. руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Прогнозирование технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования осуществляется при помощи системы программно-алгоритмических и информационных средств. Система позволяет собирать и интегрировать данные с различных датчиков и диагностических инструментов, создавая полную картину технического состояния узлов и агрегатов, тем самым обеспечивая комплексный подход к диагностике и прогнозированию.

2. Обоснована возможность усовершенствования используемой системы прогнозирования, при помощи которой возможно повысить качество проводимых операций, с одновременным сокращением времени (до 30%) на выполнение технического обслуживания и диагностирования.

3. Разработана информационная (цифровая) модель усовершенствованного прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей, которая включает в себя состав и взаимосвязь одновременного учета параметров диагностируемого устройства за предыдущую диагностику и параметров приближающихся к предельным значениям типовых моделей. В модель интегрировано более 90 диагностических параметров номинального и предельного значения грузовых автомобилей КамАЗ и ГАЗ.

4. Выявлено, что разработанная усовершенствованная система прогнозирования не противоречит требованиям, изложенным в ГОСТ Р ИСО 13381-2016 «Контроль состояния и диагностика машин. Прогнозирование технического состояния», а напротив позволяет улучшить схему процесса контроля технического состояния путём внедрения методики накопления и использования в прогнозировании результатов предыдущих диагностирований.

5. Установлено, что усовершенствованная система прогнозирования позволяет более точно спрогнозировать необходимые параметры технического состояния и сформировать рекомендации о видах управляющих воздействий на узел или

агрегат автомобиля, при этом общее сокращение трудозатрат на техническое обслуживание и диагностику на один автомобиль в год может достигать более 5 чел/ч.

6. Результаты производственной проверки свидетельствуют, что, при выполнении всех видов технического обслуживания и технического диагностирования автомобилей семейства КамАЗ с применением усовершенствованной системы прогнозирования, сокращение трудозатрат на один автомобиль в год составило: на проведении технических обслуживаний до 2,7 чел/ч, на техническую диагностику до 1,5 чел/ч и на проведение расчётов по прогнозированию до 1,3 чел/ч.

7. Годовой экономический эффект от внедрения результатов исследования на примере ЗАО «Новомайское» составил 4125 рублей на один автомобиль, а по хозяйству в целом 45375 рублей. Расчётный экономический эффект от внедрения предлагаемой системы прогнозирования в хозяйства АПК Новосибирской области может достигать 19 млн рублей.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АПК – Агропромышленный комплекс;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АТП – автотранспортное предприятие;

БД – база данных;

ГА – грузовой автомобиль;

ЕТО – ежедневное техническое обслуживание;

ИМ – информационная модель;

ИС – информационная система;

КР – капитальный ремонт;

ЛИФ – локальный информационный фонд;

НСО – Новосибирская область;

НСИ – нормативно-справочная информация;

НТД – нормативно-техническая документация;

НТМ – нормативно-справочный материал;

ПАИС – программно-алгоритмическое и информационное средство;

ПК – персональный компьютер;

ПТО – пункт технического обслуживания;

СО – сезонное техническое обслуживание;

ТД – техническое диагностирование;

ТО – техническое обслуживание;

ТО-1 – техническое обслуживание №1;

ТО-2 – техническое обслуживание №2;

ТО и Р – техническое обслуживание и ремонт;

ТР – текущий ремонт;

МПАС – множество необходимых ПАИС;

МОГА – совокупность i-х моделей ГА, которые обслуживаются данным ПАИС, $i = 1, 2, \ldots, I$;

I – число моделей ГА, рассматриваемых в системе;

N_i – число ГА i-й модели;

МИПП – множество известных приемов прогнозирования;

СУПП – совокупность усовершенствований приемов прогнозирования;

КПАИС – комплекс программно-алгоритмических и информационных средств для реализации приемов прогнозирования;

НГА$_i$ – наименование *i*-й модели ГА;

КПГА – количество учитываемых параметров для *i*-й модели ГА;

ОХП – общая характеристика параметров ГА;

ЧХП – частная характеристика параметров *i*-й модели ГА;

ИП – наименование параметра;

НЗП – номинальное значение параметра; ДЗП – допустимое без ремонта значение параметра;

И1П*i* – наименование 1-го параметра ГА *i*-й модели;

Н1ЗП*i* – номинальное значение 1-го параметра ГА *i*-й модели;

Д1ЗП*i* – допустимое без ремонта значение 1-го параметра ГА *i*-й модели;

И2П*i*: наименование 2-го параметра ГА *i*-й модели;

Н2ЗП*i* – номинальное значение 2-го параметра ГА *i*-й модели;

Д2ЗПi – допустимое без ремонта значение 2-го параметра ГА i-й модели;

И$_{Ji}$П$_i$ – наименование J_i-го (последнего) параметра ГА *i*-й модели;

НЗJ$_i$П*i* – номинальное значение J_i-го(последнего) параметра ГА *i*-й модели;

ДЗ$_{Ji}$П$_i$ – допустимое без ремонта значение J_i-го(последнего) параметра ГА *i*-й модели;

ПОСИ – прием оценки скорости изменения учитываемого параметра;

ПВКα – прием выбора коэффициента кривизны изменения прогнозируемого параметра;

ПВУВНПО – прием выработки управляющего воздействия на прогнозируемый объект;

УПП1, УПП2, УПП3 и УПП4 – усовершенствованные приемы прогнозирования 1, 2, 3 и 4 соответственно;

НСИ – нормативно справочная информация;

ХПГА – характеристика парка ГА АПК;

ВОИ – входная оперативная информация; ОРИ – оперативная расчетная/выходная информация;

РУВНОП – рекомендуемые управляющие воздействия на прогнозируемый объект (ГА);

НСИСГА – нормативно справочная информация о составе учитываемых ГА;

НСИГА1, ..., НСИГА$_I$ – нормативно справочная информация о ГА 1-й, 2-й, ..., I-й моделей соответственно;

ШМГА1, ШМГА2, …, ШМГА$_I$ – шифры 1-й, 2-й, …, I-й моделей ГА соответственно;

СГА1, СГА2, …, СГА$_I$ – справочники 1-й, 2-й, …, I-й моделей ГА соответственно;

ХПГА1, ХПГА2, …, ХПГА$_I$ – характеристики парка ГА 1-й, 2-й, …, I-й моделей соответственно;

НГА$_i$ – наименование i-й модели ГА;

КГА$_I$ – количество ГА i-й модели;

ХН1ГА$_I$, ХН2ГА$_I$, …, ХН$_{КГАI}$ГА$_I$ – хозяйственные номера 1-го, 2-го, …, КГА$_I$-го ГА I-й модели соответственно;

ШМГА – шифр модели ГА, поступившей на диагностирование и прогнозирование;

ХНГА – хозяйственный номер поступившего грузового автомобиля;

ДПДІ – дата поступления грузового автомобиля на диагностирование;

Д$_0I$ – пробег поступившего автомобиля к моменту текущей диагностики;

ПД$_0I$ – значения параметров технического состояния агрегатов и узлов поступившего автомобиля по данным его текущего диагностирования; ШПУ – шифр выбранного приема прогнозирования;

И1П, И2П, …, ИПП – наименования 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметра, поступившего ГА;

З1П, З2П, …, ЗПП – значения 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметра, поступившего ГА;

И1П, И2П, …, ИПП – наименования 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметров поступившего ГА;

Н31П, Н32П, …, Н3ПП – номинальные значения 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметров поступившего ГА;

П31П, П32П, …, П31П – предельные значения 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметров поступившего ГА;

α1П, α2П, …, αПП – использованные показатели α для оценки 1-го, 2-го, …, последнего, соответственно, параметров поступившего грузового автомобиля;

ООР1, ООР2, …, ООРП – пробеги поступившего грузового автомобиля по оценке остаточного ресурса соответственно 1-го, 2-го, …, последнего параметров;

$Д_0I$ – пробег автомобиля к моменту текущей диагностики I-й модели автомобиля на бланке сведений о диагностируемых автомобилях;

$КАУГА_I$ – количество рассматриваемых агрегатов, узлов и кинематических пар *I*-й модели автомобиля;

$Н1АУГА_I$, $Н2АУГА_I$, …, $Н_{КАУГАI}АУГА_I П_НI$ – наименования 1-го, 2-го, …КАУГА$_I$-го агрегатов, узлов и кинематических пар *I*-й модели автомобиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агафонов, А. В. Определение потребности дилерских станций технического обслуживания автомобилей в запасных частях и повышение эффективности управления запасами: специальность 05.22.10 "Эксплуатация автомобильного транспорта" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Агафонов Алексей Валентинович. – Москва, 2003. – 221 с. – EDN MDGVNY.

2. Алтухов, А. И. Инновационный путь развития сельского хозяйства как основа повышения его конкурентоспособности / А. И. Алтухов // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2008. – № 6(15). – С. 4-6. – EDN KVUIEL.

3. Альт В.В. Информационное обеспечение в инженерной сфере АПК Сибири//Машинно-технологическое и сервисное обеспечение сельхоз товаропроизводителей Сибири: материалы междунар. науч.-прак. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения акад. ВАСХНИЛ А.И. Селиванова. – Новосибирск, 2008. – С. 40 – 47.

4. Аносова, А. И. Совершенствование технического сервиса в АПК на основе оценки и анализа технологического уровня ремонтных предприятий / А. И. Аносова, М. К. Бураев // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 10. – С. 65-68. – EDN TDPJZX.

5. Баженов, Ю. В. Прогнозирование остаточного ресурса конструктивных элементов автомобилей в условиях эксплуатации / Ю. В. Баженов, М. Ю. Баженов // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 4. – С. 16-21. – EDN TNIRAR.

6. Барам А.С., Гальперин А.С., Михлин В.И. и др. Комплексная система ТО и ремонта машин в сельском хозяйстве/Часть 1. – М.: ГОСНИТИ, 1985. – 143 с.

7. Бельских В.И. Диагностирование и обслуживание сельскохозяйственной техники. – М.: Колос, 1980. – 575 с.

8. Беляев. А.И. Совершенствование фирменного обслуживания автомобилей в дилерско-сервисных центрах с использованием информационной системы:

Автореф. дис. канд. тех. наук: 05.22.10 Оренбург, 2009.

9. Бердникова, Р. Г. Техническое обслуживание тракторов с использованием системы информационного обеспечения / Р. Г. Бердникова, А. М. Криков // Технология колесных и гусеничных машин. – 2014. – № 5. – С. 30-35. – EDN SYBMJF.

10. Буклагина, Г. В. Формирование структуры и информационной системы технического сервиса в агропромышленном комплексе Сибирского региона / Г. В. Буклагина // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2002. – № 4. – С. 1201. – EDN ECOSGX.

11. Бутов, Н. П. Экономико-математическая модель оптимизации дилерского предприятия / Н. П. Бутов, В. Н. Чекарь // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – № 2. – С. 6-8. – EDN RWDTRL.

12. Власов В. М. Методика интеграции производственно-технических баз обслуживания и ремонта ведомственных автомобилей / В. М. Власов, Н. А. Филиппова, А. В. Подзоров // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 3. – С. 54-63. – DOI 10.25198/2077-7175-2024-3-54. – EDN KIOEAU.

13. Выполнение операций технического обслуживания тракторов и грузовых автомобилей с применением комплексной системы информационного обеспечения / Н. М. Иванов, А. М. Криков, А. Г. Федоров, Р. Г. Бердникова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2020. – Т. 13, № 3(66). – С. 19-28. – DOI 10.17238/issn2071-2243.2020.3.19. – EDN GYYYJK.

14. Моделирование процессов прогнозного технического обслуживания роботизированных агротехнических автомобилей / С. В. Сусарев, С. П. Орлов, Е. Е. Бизюкова, Р. А. Учайкин // Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – № 1. – С. 148-153. – DOI 10.52348/2712-8873_MMTT_2021_1_148. – EDN LEJZAT.

15. Гиберт, А.И. Методы оценки технического состояния механизмов мобильных машин с применением информационных технологий: Автореф. дис. д.т.н: 05.20.03 – Новосибирск, 2000. – 58 с.

16. Гипертекстовые базы знаний по сельскохозяйственным механизированным системам: Концептуально-методические основы построения. – Новосибирск: Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, 2002. – 119 с. – EDN VUIEBF.

17. Гончаров А. А. Совершенствование технологии диагностирования электронных систем управления автомобильных двигателей: специальность 05.22.10 "Эксплуатация автомобильного транспорта": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гончаров Андрей Алексеевич. – Оренбург, 2004. – 96 с. – EDN NMOSWF.

18. Горелик, Т. Г. Информационная система технического обслуживания и ремонта на базе общей информационной модели / Т. Г. Горелик, О. В. Кириенко, П. В. Кабанов // Релейная защита и автоматизация. – 2016. – № 2(23). – С. 32-37. – EDN VVWMOJ.

19. Диагностика автоматизированного производства / С. Н. Григорьев, В. Д. Гурин, М. П. Козочкин [и др.]. – Москва : Научно-техническое издательство "Машиностроение", 2011. – 600 с. – ISBN 978-5-94275-578-2. – EDN PNPORP.

20. Диагностирование систем и агрегатов АТС с помощью ЭВМ // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2008. – № 4. – С. 1189. – EDN EJEDJD.

21. Дидманидзе О.Н. Общие принципы эффективного использования средств технической эксплуатации МТП в условиях дилерских предприятий технического сервиса. Роль молодых ученых в реализации национального проекта «Развитие АПК» // Сб. материалов Международной конф. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2007. – 350 с.

22. Дидманидзе О.Н. Управление техническими системами в условиях информационной неопределенности/ соавт.: В.В. Солдатов, Ю.А. Судник. — М.: Изд-во ООО УМЦ: Триада, 2010. — 316 с.

23. Метод прогнозирования ресурса гидравлических насосов экскаваторов на основе математической модели кинематической подачи / М. А. Тигунцев, С. В.

Репин, А. В. Зазыкин, А. Б. Копылов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 12. – С. 438-444. – DOI 10.24412/2071-6168-2025-12-438-439. – EDN QZDZJD.

24. Дринча В.М., Мошкин Н.И. Диагностирование систем и агрегатов АТС с помощью ЭВМ//Тракторы и с.-х. машины. – 2007. – №7. – С. 45-47.

25. Егоров, В. А. Повышение надежности функционирования диагностических комплексов на АТП: специальность 05.22.10 "Эксплуатация автомобильного транспорта": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Егоров Виктор Акимович. – Москва, 2000. – 218 с. – EDN ONIUOC.

26. Емелин, Ю. Б. Состояние и перспективы процесса воспроизводства технической базы сельского хозяйства / Ю. Б. Емелин, Л. Ю. Евсюкова // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2011. – № 1. – С. 71-76. – EDN NCQXFF.

27. Журилин, А. Н. Тенденции развития технического сервиса современной сельскохозяйственной техники / А. Н. Журилин // Наука без границ. – 2017. – № 1(6). – С. 11-15. – EDN XRHOCL.

28. Задиран, К. С. Прогнозирование остаточного ресурса оборудования в условиях малой выборки данных / К. С. Задиран, М. В. Щербаков, В. К. Сай // Управление большими системами: сборник трудов. – 2023. – № 102. – С. 99-113. – DOI 10.25728/ubs.2023.102.6. – EDN DKSNEP.

29. Черепанов, А. П. Оценка безопасности эксплуатации машин применением метода прогноза и коррекции / А. П. Черепанов, П. К. Ляпустин // Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – № 5. – С. 66-72. – DOI 10.52348/2712-8873_MMTT_2021_5_66. – EDN ZBPGRP.

30. Захаров, Н. С. Контроль выполнения технологического процесса обслуживания и ремонта автомобилей с использованием нейронных сетей / Н. С. Захаров, Е. С. Козин // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2023. – № 4(60). – С. 43-51. – DOI 10.20291/2079-0392-2023-4-43-51. – EDN NAQINB.

31. Варнаков, Д. В. Непрерывная диагностика двигателей автотранспортных средств по прогнозирующим параметрам / Д. В. Варнаков, А. Н. Юденичев, Е. А. Варнакова // Техника и оборудование для села. – 2025. – № 1(331). – С. 18-21. – DOI 10.33267/2072-9642-2025-1-18-21. – EDN KLMNSH.

32. Иовлев, Г. А. Анализ стратегии развития отечественного сельскохозяйственного машиностроения и модернизации отечественного сельскохозяйственного производства / Г. А. Иовлев, А. П. Бахтерев // Агропродовольственная политика России. – 2017. – № 9(69). – С. 89-97. – EDN ZQXQIV.

33. Ишкин, Ю. Д. Влияние надежности автомобилей на затраты на приобретение запасных частей / Ю. Д. Ишкин, Н. С. Захаров, Е. Г. Ишкина // Архитектура, строительство, транспорт. – 2024. – № 1(107). – С. 98-105. – DOI 10.31660/2782-232X-2024-1-98-105. – EDN VMESRW.

34. Калашников, И. А. Применение универсальных информационных систем и аналитических технологий для статистического прогнозирования грузооборота и грузопотока транспортного предприятия / И. А. Калашников, А. А. Калашникова // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2021. – № 3(130). – С. 56-60. – EDN XRNQDV.

35. Катаев, Ю. В. Технический сервис и его организационная система в агропромышленном комплексе / Ю. В. Катаев, Е. Ф. Малыха, Е. А. Градов // Наука без границ. – 2020. – № 12(52). – С. 10-15. – EDN DKGQCR.

36. Конкин Ю.А., Микулин Ю.В., Дашков Л.В. Развитие фирменного ремонта и технического сервиса в АПК. М.: АгроНИИТЭИИТО, 1989. – 60 с.

37. Корнеев, В. М. Создание и организация системы фирменного технического сервиса сельскохозяйственных машин / В. М. Корнеев, И. Н. Кравченко, М. С. Овчинникова // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2017. – № 3(79). – С. 49-54. – EDN YTPHEF.

38. Крамаренко, Т. А. Реализация методики расчета интегральной оценки в

информационной системе в процессе выбора поставщиков для сельхозпредприятия / Т. А. Крамаренко, Т. В. Лукьяненко, В. О. Крамаренко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 188. – С. 67-78. – DOI 10.21515/1990-4665-188-007. – EDN GJZSTS.

39. Эффективность телематики в технической эксплуатации автотранспорта / А. С. Колотов, И. А. Успенский, И. А. Юхин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2025. – № 3(81). – С. 504-511. – DOI 10.32786/2071-9485-2025-03-56. – EDN EKAXEZ.

40. Криков А.М., Бердникова Р.Г. Разработка программно-алгоритмических и информационных средств прогнозирования остаточного ресурса тракторов на компьютере//Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: сборник докладов XI Междунар. науч.-практ. конф. Россельхозакадемия. ГНУ ВИМ. – Москва, 2010. – С. 218.

41. Криков А.М., Бердникова Р.Г. Разработка системы информационного сопровождения технического обслуживания тракторов//Электроэнергетика в сельском хозяйстве: материалы Междунар. науч.- практ. конф., 26-30 июня 2009 г., Респ. Алтай, Чемал. р-н, база НГТУ Эрлагол / Россельхозакадемия. Сиб. регион. отд-ние. – Новосибирск, 2009.

42. Криков, А. М. Оценка эффективности применения системы программно-алгоритмических и информационных средств усовершенствованного прогнозирования параметров технического состояния агрегатов и узлов грузовых автомобилей / А. М. Криков, А. Б. Иванников, М. Н. Сидоренко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2025. – № 2(244). – С. 86-91. – DOI 10.53083/1996-4277-2025-244-2-86-91. – EDN NGVILB.

43. Криков, А. М. Совершенствование прогнозирования остаточного ресурса параметров узлов и агрегатов грузовых автомобилей / А. М. Криков, А. Г. Федоров, М. Н. Сидоренко // Наземные транспортно-технологические средства:

проектирование, производство, эксплуатация: II Всероссийская научно-практическая конференция, Чита, 30–31 октября 2018 года. – Чита: Забайкальский государственный университет, 2018. – С. 191-195. – EDN ZJGGGV.

44. Криков, А. М. Совершенствование приемов прогнозирования остаточного ресурса параметров узлов и агрегатов грузовых автомобилей на основе информационных технологий / А. М. Криков, М. Н. Сидоренко // Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий : Материалы VII-й Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Горно-Алтайского государственного университета, Горно-Алтайск, 06–08 июня 2019 года. – Горно-Алтайск: Горно-Алтайский государственный университет, 2019. – С. 494-497. – EDN USCYNT.

45. Криков, А. М. Структура системы программно-алгоритмических и информационных средств усовершенствованного прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей / А. М. Криков, М. Н. Сидоренко // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири : Материалы Международной научно-технической конференции, Новосибирск, 07–08 октября 2021 года. – Новосибирск: ГУ Редакция журнала "Сибирский вестник сельскохозяйственной науки" СО РАСХН, 2021. – С. 174-178. – EDN GKBHLM.

46. Криков А.М., Федоров А.Г. Информационные технологии в системе технического обслуживания автомобилей АПК/Материалы III Всероссийской научно-практической конференции «VII инновационно-промышленный салон. Ремонт. Восстановление. Реновация». – Уфа: ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ 28.02.12. – С. 117-119.

47. Криков, А. М., Система усовершенствованных методов прогнозирования технического состояния автомобилей / А. М. Криков, А. Б. Иванников, М. Н. Сидоренко // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2025. – Т. 55, № 7(320). – С. 94-103. – DOI 10.26898/0370-8799-2025-7-11. – EDN YTPRHU.

48. Курочкин, В. Н. Совершенствование организации технического сервиса технологических систем / В. Н. Курочкин, Е. Н. Кущева, С. Л. Никитченко. – Зер-

ноград : Азово-Черноморский инженерный институт - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет" в г. Зернограде, 2016. – 197 с. – ISBN 978-5-91833-150-7. – EDN VZMDML.

49. Кушнарев Л.И. Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве: Автореферат диссертации д.т.н.: 05.20.03, Москва, 2003. – 31 с.

50. оценка достоверности экспериментальных данных технического обслуживания модульного транспорта сельскохозяйственного назначения / О. Н. Дидманидзе, Д. А. Москвичев, Р. Т. Хакимов, А. М. Спиридонов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5(74). – С. 104-113. – DOI 10.24411/2078-1318-2023-5-104-113. – EDN TGGODS.

51. Лившиц В.М, Добролюбов И.П. Динамический метод диагностики автотракторных двигателей. Принципы анализа и обработки диагностических сигналов. Часть 2, Методические рекомендации.

52. Лившиц В.М. Пути совершенствования системы технического обслуживания сельскохозяйственных машин: Методы и средства технической диагностики. Новосибирск, 1982. Вып. 23.

53. Любов В.И. Состояние ремонтно-обеспечивающей и сервисной базы АПК России//Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2002. – № 4. – С. 9-10.

54. Мазин, А. С. Анализ рынка грузовых автомобилей в российской Федерации за 2022 год / А. С. Мазин, М. Р. Жердев, И. Н. Родионова // Актуальные вопросы устойчивого развития современного общества и экономики : Сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-практической конференции. В 3-х томах, Курск, 27–28 апреля 2023 года. Том 2. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2023. – С. 45-50. – EDN QGLAYD.

55. Математическое моделирование и информационные технологии в управлении операциями технического обслуживания тракторов / А. П. Соломкин, О. В. Мяло, С. П. Прокопов, А. С. Союнов // Каталог научных и инновационных исследований ФГБОУ ВО Омский ГАУ : Сборник материалов по итогам научно-

исследовательской деятельности. – Омск : Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2022. – С. 261-264. – EDN SHGJSK.

56. Межгосударственный стандарт. Система разработки и постановки продукции на производство. /Техническое обслуживание и ремонт техники. Основные положения / ГОСТ 15.601-16. УДК 658.58:002:006.354. Группа Т51. ОКСТУ 0028. Дата введения 2016-07-01.

57. Метод обработки данных с учетом взаимного расположения информационных блоков в масштабе вычислительного кластера / Е. А. Кулешова, А. Л. Марухленко, В. П. Добрица [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2021. – № 1. – С. 87-97. – DOI 10.17308/sait.2021.1/3373. – EDN RUMDWE.

58. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобилей. Теоретические основы: учебн.пособ./ В.Д. Мигаль. – Х. : Изд-во «Майдан», 2014. – 516с.

59. Митрофанов, В. Г. Разработка информационной модели предметной области автоматизированной системы технологической подготовки производства / В. Г. Митрофанов, А. В. Капитанов // Вестник МГТУ "Станкин". – 2019. – № 2(49). – С. 34-39. – EDN QPKJMA.

60. Михлин В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники. — М.: Колос. 1984. – 334 с.

61. Михлин В.М., Сельцер А.А. Методические указания по прогнозированию технического состояния машин. М., ОНТИ ГОСНИТИ, 1972. - 216 с.

62. Мошкин, Н. И. Автоматизированные методы диагностирования АТС / Н. И. Мошкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 11. – С. 45-46. – EDN ICCZNJ.

63. Назаренко А.С., Быков В.В. Управление техническим состоянием машин на основе диагностической информации//Труды Международного симпозиума «Надежность и качество 2004». – Пенза, 2004 – С. 533-535.

64. Назаров С.П., Ковальков С.В., Лаврухин А.А. Совершенствование организационно-технологической структуры системы технического сервиса//Механизация и электрификация сел. хоз-ва. – 2008. – №8. – С. 26-28.

65. Немцев, А. Е. Развитие технического сервиса - основа эффективного функционирования техники в АПК Сибири / А. Е. Немцев, В. В. Коротких // Техника и оборудование для села. – 2009. – № 9. – С. 15-18. – EDN KWYZAN.

66. Немцев, А. Е. Основы формирования системы технического сервиса в АПК Сибири : / А. Е. Немцев, В. В. Коротких. – Новосибирск: Издательство ИИЦ ГНУ СибНСХБ Россельхозакадемии, 2009. – 153 с. – ISBN 978-5-904424-14-5. – EDN ZDBMPX.

67. Оптимизация ремонтно-обслуживающей базы АПК / Ю. В. Катаев, В. С. Герасимов, В. И. Игнатов [и др.] // Технический сервис машин. – 2021. – № 3(144). – С. 64-71. – DOI 10.22314/2618-8287-2021-59-3-64-71. – EDN IBVZUC.

68. Организация процессов по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся по специальности 23.02.07 -Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей / Д. А. Попов, В. А. Иванников, В. Н. Бухтояров, И. Е. Поляков. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2018. – 32 с. – EDN YQBUIO.

69. Орипов, А. А. Концепция формирования системы технического сервиса АПК Республики Таджикистан в условиях переходной экономики / А. А. Орипов // Вестник Таджикского государственного университета права, бизнеса и политики. Серия общественных наук. – 2015. – № 1(62). – С. 53-60. – EDN UIBYPV.

70. Основы формирования системы технического сервиса в АПК Сибири/А.Е. Немцев, В.В. Коротких; Россельхозакадемия. Сиб. регион. отделение; Сиб. институт механизации и электрификации сел. хозяйства – Новосибирск, 2009. – 153 с.

71. Пасечников Н.С. Научные основы технического обслуживания машин в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1983. – 304 с.

72. Петухов, А. О. Оценка безотказности тракторов на основе рекламационных данных с использованием дополнительной информации / А. О. Петухов // Известия МГТУ МАМИ. – 2010. – № 1(9). – С. 51-60. – EDN LBECKB.

73. Повышение эффективности технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в условиях Сибири: Учебно-методическое пособие / Н. М. Иванов, А. Е. Немцев, В. В. Коротких [и др.] ; Российская академия сельскохозяйственных наук Сибирское региональное отделение, Государственное научное учреждение Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ГНУ СибИМЭ Россельхозакадемии), ФГОУ Новосибирский государственный аграрный университет (ФГОУ НГАУ), Министерство сельского хозяйства Новосибирской области. Рецензент: доктор технических наук, профессор Д.М. Воронин Ответственный за выпуск В.В. Коротких. – Новосибирск : Издательство ИИЦ ГНУ СибНСХБ Россельхозакадемии, 2012. – 108 с. – EDN VVPGAB.

74. Порохня, А. А. Использование технологии OBD-2 для диагностирования автомобиля / А. А. Порохня, В. А. Корягин // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2022. – № 4. – С. 34-37. – EDN FRTFVY.

75. Привалов П.В. Организация технического сервиса машин в сельском хозяйстве и технологическое проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий. - Новосибирск, 2003. – 432 с.

76. Прогноз развития рынка сельскохозяйственной техники РФ / А. И. Добрунова, А. Н. Простенко, М. В. Щербатюк, Д. Р. Добрунов // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2023. – № 4(40). – С. 131-139. – EDN JWYCZU.

77. Прогнозирование остаточного ресурса узлов и агрегатов грузовых автомобилей в среде электронной таблицы / А. Г. Федоров, А. М. Криков, В. Н. Делягин [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 3(250). – С. 89-95. – EDN TZLYIP.

78. Производственная база и операционная технология обслуживания машин в хозяйствах Сибири. Метод рекомендации/СО ВАСХНИЛ. СибИМЭ; Подгот. А.Т.Клейн, В.М. Лившиц, Д.В. Воронин и др. – Новосибирск, 1980. – 122 с.

79. Проников, А. С. Параметрическая надежность машин / А. С. Проников. – Москва : Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2002. – 560 с. – ISBN 5-7038-1996-2. – EDN TIRYZL.

80. Пронин, В.М. Технико-экономическая оценка эффективности сельскохозяйственных машин и технологий по критерию часовых эксплуатационных затрат/В.М. Пронин, В.А. Прокопенко. – М.: Столичная типография, 2008. – 162 с.

81. Пухов, Е. В. Разработка информационной системы управления техническим обслуживанием и ремонтом транспортных и технологических машин [Текст] / Е. В. Пухов, Ян.В. Комаров; // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования, Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. – Москва, 2016. №5 (75). С. 35-39.

82. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2016620148. Наилучшие доступные технологии в агропромышленном комплексе (НДТ в АПК) : № 2015621545 : заявл. 08.12.2015 : опубл. 01.02.2016 ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса» (ФГБНУ «Росинформагротех»). – EDN IXEOGK.

83. Сидоренко, М. Н. Информационная модель системы прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей предприятий АПК с применением компьютера / М. Н. Сидоренко, А. М. Криков // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2021. – № 10(204). – С. 101-106. – DOI 10.53083/1996-4277-2021-204-10-101-106. – EDN WSBBFD.

84. Сидоренко, М. Н. Программно-алгоритмические и информационные средства прогнозирования автомобилей КамАЗ и ГАЗ / М. Н. Сидоренко, А. М. Криков, А. Г. Федоров // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири : материалы Международной научно-технической конференции, р.п. Краснообск, 03–04 октября 2019 года. – р.п. Краснообск: Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, 2019. – С. 245-250. – EDN HYBLEH.

85. Сидоренко, М. Н. Использование информационных технологий ремонтным подразделением при техническом обслуживании автомобилей / М. Н. Сидоренко, О. Л. Ходоркин, А. К. Сметанин // Современные аспекты развития и безаварийной эксплуатации автомобильной техники (бронетанкового вооружения и техники) : Межвузовская научно-техническая конференция, Новосибирск, 30 мая 2019 года / Под общей редакцией С.А. Куценко. – Новосибирск: Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации, 2019. – С. 150-153. – EDN ERNOZH.

86. Сидоренко, М. Н. Применение компьютерных технологий для усовершенствования прогнозирования остаточного ресурса параметров узлов и агрегатов грузовых автомобилей АПК / М. Н. Сидоренко, А. М. Криков // Аграрная наука - сельскому хозяйству : Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах, Барнаул, 09 февраля 2923 года – 10 2023 года. Том Книга 1. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2023. – С. 164-166.

87. Сидоренко, М. Н. Методы усовершенствования прогнозирования технического обслуживания грузовых автомобилей на основе анализа общих данных / М. Н. Сидоренко, А. Б. Иванников // Современные аспекты развития и безаварийной эксплуатации автомобильной техники (бронетанкового вооружения и техники) : сборник научных статей межвузовской научно-технической конференции, Новосибирск, 29 мая 2025 года. – Новосибирск: Новосибирский военный институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации, 2025. – С. 382-387. – EDN MEMSUZ

88. Совершенствование процессов в системе гарантийного обслуживания грузовых автомобилей за рубежом / И. В. Макарова, Р. Г. Хабибуллин, Э. И. Беляев [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3. – С. 82. – EDN SYZKRP.

89. Дидманидзе, О. Н. Тенденции развития цифровых технологий диагностирования технического состояния тракторов / О. Н. Дидманидзе, А. С. Дорохов, Ю. В. Катаев // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 11(281). – С. 39-43.

– DOI 10.33267/2072-9642-2020-11-39-41. – EDN SUTTJS.

90. Средства диагностирования электронной системы управления бензиновым двигателем внутреннего сгорания автомобиля / Д. А. Скрипниченко, В. В. Чернявский, Д. О. Хухлов [и др.] // Транспортные системы: безопасность, новые технологии, экология, Якутск, 08 апреля 2022 года. – Якутск: Якутский институт водного транспорта - филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Сибирский государственный университет водного транспорта", 2022. – С. 236-239. – EDN NEBMWY.

91. Степанов С.Г. Совершенствование гарантийного обслуживания машин как способ повышения их надежности//Техника и оборудование для села. – 2002. № 4. – С. 24-26.

92. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России до 2030 года (прогноз) / Л.Л. Зиманов, В. Г. Шевцов, А. В. Лавров [и др.] // Технический сервис машин. – 2019. – № 4(137). – С. 220-229. – EDN DMOGNR.

93. Сущев. А.А. Совершенствование управления качеством автотехобслуживания на основе применения новой информационной технологии. Автореферат дис. к.т.н. Владимир, 2010. – 20 с.

94. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике / В. Ф. Федоренко, Д. С. Буклагин, М. Н. Ерохин [и др.]; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2011. – 248 с. – ISBN 978-5-7367-0826-0. – EDN QLBYKR.

95. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – Москва : Издательство "Колос", 2000. – 256 с. – ISBN 5-10-003626-5. – EDN ZVTRGB.

96. Трофимец, Н. Л. Совершенствование организации работ и услуг технического сервиса: специальность 05.20.03 "Технологии и средства технического об-

служивания в сельском хозяйстве": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Трофимец Наталья Львовна. – Саратов, 2006. – 176 с. – EDN NNYDXN.

97. Трунов А.Е. Организации технического обслуживания сельскохозяйственной техники – научную основу. – Томск, 1988. – 225 с.

98. Федоров А.Г. Информационные системы поддержки принятия решений в системе технического обслуживания автомобилей АПК/Материалы X Международной научно-технической конференции «Проблемы и достижения автотранспортного комплекса». Екатеринбург: УГЛТУ. 18.10.12. – С. 92-94.

99. Федоров, А. Г. Информационные системы в обеспечении технической готовности грузовых автомобилей / А. Г. Федоров // Академический вестник войск национальной гвардии Российской Федерации. – 2020. – № 4. – С. 34-39. – EDN MDXYXW.

100. Федоров С.П. Техническая документация на техническое обслуживание машин / С.П. Федоров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1990. – № 12.

101. Фундаментальная наука и технологии - перспективные разработки: Материалы XXXI международной научно-практической конференции

102. Хабардин В.Н. Совершенствование технологии технического обслуживания тракторов с учетом особенностей машиноиспользования в сельскохозяйственных предприятиях Иркутской области/Автореферат дисс. канд. техн. наук: 05.20.03: – Л., 1987. – 21 с.

103. Хабибуллин Р.Г. Основы формирования фирменной системы технического обслуживания и ремонта автомобилей. На примере автоцентров КАМАЗ. Автореферат дис. канд. техн. наук: 05.22.10 М., 2000.

104. Хазин, М. Л. Диагностика и надежность автоматизированных систем : учебное пособие / М. Л. Хазин. – Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2013. – 196 с. – ISBN 978-5-8019-0286-9. – EDN XEXHCF.

105. Хасанов Р.Х. Основы технической эксплуатации автомобилей: Учебное пособие. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 193 с.

106. Хмелевой Н.М., Костенко С.И. Техническое обслуживание и текущий ремонт тракторов К-700, Т-150К, МТЗ-80. – М.: Россельхозиздат, 1979. – 273 с.

107. Хохлачев, В. С. Улучшение оценок погрешности для экспоненциально сходящихся квадратур / В. С. Хохлачев, А. А. Белов, Н. Н. Калиткин // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2021. – Т. 85, № 2. – С. 282-288. – DOI 10.31857/S0367676521010166. – EDN AVKKSU.

108. Чеботарев, М. И. Проблемы и перспективы развития технического сервиса АПК / М. И. Чеботарев, И. Г. Савин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 97. – С. 564-592. – EDN SDCDQH.

109. Черепанов С.С., Барам Х.Г., Гальперин А.С. и др. Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве//Механизация и электрификация сел. хоз. 1986. – №4. – С. 12-15.

110. Черных Ю.Г., Хмелевой Н.М. Рациональное техническое обслуживание – гарантия высокоэффективного использования техники//Механизация и электрификация сел. хоз. – 1988. – № 5. – С. 41-44.

111. Чукмарев, М. В. Оптимизация процесса технического обслуживания электронных систем управления двигателя с использованием компьютерной диагностики в условиях сельскохозяйственного предприятия : специальность 05.20.03 "Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Чукмарев Михаил Владимирович. – Саратов, 2006. – 18 с. – EDN KSLLPV.

112. Шпарун, А. В. Анализ методов диагностирования автомобильных дизелей / А. В. Шпарун // Инновации на транспорте и в машиностроении : сборник трудов III Международной научно-практической конференции: в 5 томах, Санкт-Петербург, 14–15 апреля 2015 года / Под редакцией В.В. Максарова. Том V. – Санкт-Петербург: Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", 2015. – С. 68. – EDN WKZAON.

113. Шпилько А.В., Драгайцев В.И. Экономическая эффективность механизации сельскохозяйственного производства. – М.: РАСХН, 2001. – 346 с.

114. Кузнецова, Э. В. Теория прогнозирования ресурса тракторов на основе перевода их диагностических показателей в безразмерную величину / Э. В. Кузнецова, И. А. Юхин, А. А. Горохов // Экономика строительства. – 2025. – № 1. – С. 330-333. – EDN YWZJIM.

115. Юдин, В. А. Разработка методов и средств для поиска неисправностей при диагностировании пневматических тормозных систем автотранспортных средств : специальность 05.22.10 "Эксплуатация автомобильного транспорта" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Юдин Владимир Александрович. – Владимир, 1999. – 175 с. – EDN QDBRMZ.

116. Янков, К.В. Оценка соответствия нормативной и фактической обеспеченности техникой сельскохозяйственного производства новосибирской области / К.В. Янков, // Теория и практика современной аграрной науки : Сборник V национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием, Новосибирск, 28 февраля 2022 года. – Новосибирск: Издательский центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2022. – С. 1486-1490. – EDN RYWIWC.

117. Bengaluru, India, 17–18 апреля 2023 года. – Bengaluru, India: Pothi.com, 2023. – 189 с. – ISBN 978-1-4477-3766-7. – EDN TNUVQG.

118. Changes in the degree of soil solonzic consistency depending on the structure of crop rotations in the arid zone of the lower Volga region / A. A. Aitpaeva, N. V. Tyutyuma, A. A. Bisaliev [et al.] // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University. – 2025.

119. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Новосибирской области// URL:https://www. 54.rosstat.gov.ru/ (дата обращения: 20.02.2023).

120. Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. N 996 "Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017 - 2030 годы" (с изменениями и дополнениями).

Приложение А
(Справочное)

ГАЗ
группа

ООО "Объединенный инженерный центр"
603004, г. Нижний Новгород,
пр. Ленина д. 88
Тел.: + 7 (831) 291 90 00, 289 06 21
Факс: + 7 (831) 291 85 11
uec@gaz.ru

Куда :Makc_ru@bk.ru
Кому :Сидоренко М.
Копия :
На факс :
От :Руководителя центра компетенции Грузовые автомобили Шагалова А.В.
Кас. :Об утверждении параметров

Исх. № 57/044-01-02-01-30
Дата 23.06.2024
На №
Дата

Уважаемый Максим Николаевич!

ООО "ОИЦ" сверили данные диагностических параметров, направленные на наш адрес Вашей организацией, с технической документацией и информацией с диагностического сканера. Подтверждаем имеющиеся номинальные и предельные диагностические параметры грузовых автомобилей ГАЗ-3307 и ГАЗ-3309.

Для сведения: направляем приложение №1, указанная информация относится к информации ограниченного доступа и не подлежит проверке.

Руководитель центра компетенции
Грузовые автомобили А.В. Шагалов

Исп. Кузьмин В. Е., Ведущий инженер-конструктор Тел. 51118
Проектный №: Проект 1338/044

Продолжение приложение А

Приложение №1. Основные диагностические параметры автомобиля

Наименование		Единица	а	Значение параметра	
				номинальное, Пн	предельное, Пп
Параметры для автомобиля с бензиновым двигателем (ГАЗ – 3307)					
Автомобиль в целом					
Контрольный расхода топлива		л/100 км	1,2	24,5	32,4
Мощность (или тяговая сила) на ведущих колесах		кВт	0,8	152,60	75,50
Удельный расход топлива		г/л.с.	0,6	250,0	320,0
Потеря мощности на прокрутку трансмиссии и ведущих колес		кВт	1,1	21,10	29,20
Эффективность, мощность на коленчатом валу		кВт	1,6	103,1	98,6
Мощность, затрачиваемая на прокручивание двигателя		кВт	0,7	87,5	79
Давление в конце такта сжатия в цилиндрах двигателя		кПа	1,5	250	300
Разность давления в конце такта сжатия между отдельными цилиндрами		кПа	1,1	23	14
Минимально устойчивая частота вращения		мин ^{1}	1,7	800	820
Изменение частоты вращения коленчатого вала при последовательном отключении каждого из цилиндров		(или %)	1,1	40	80
Компрессия в 1м цилиндре двигателя		кгс/см^2	0,8	7,6	4,8
2		кгс/см^2	0,8	7,6	4,8
3		кгс/см^2	0,8	7,6	4,8
4		кгс/см^2	0,8	7,6	4,8
Давление масла в главной масляной магистрали		кгс/см^2	0,9	4,6	0,8
Разрежение во впускном трубопроводе		кПа	1,3	38	65
Давление, создаваемое топливным насосом		кПа	1,3	202,6	324,2
Частота вращения коленчатого вала при запуске двигателя		мин ^{1}	1,3	22	18
Расход масла на угар		кг/ч	1,2	0,15	0,80
Содержание СО в отработавших газах		%	0,9	12	15
Содержание СН в отработавших газах		% (PPT)	0,7	0,2	3,0
Количество газов, прорывающихся в картер двигателя		л/мин	0,7	20	80
Свободный ход поршня относительно оси коленчатого вала		мм	0,9	1,4	1,6
Скорость изменения температуры охлаждающей жидкости		°С/с	1,0	25	5
Угол опережения зажигания		Град	1,0	4,0	7,0
Зазор между контактами прерывателя		мм	1,1	0,35	0,45
Установившаяся температура охлаждающей жидкости		°С	1,0	80	90
Утечка охлаждающей жидкости		кг	0,9	0	0,013
Давление на паровой клапан в системе ОЖ		кГ/см^2	1,3	0,45	0,55
Перепад температур на входе и выходе теплообменника		Вт/(м*°С)	1,2	0,635	0,683
Давление (разрежение) срабатывания воздушного или парового клапана теплообменника		кПа	1,1	0,08	0,09
Напряжение аккумуляторной батареи		В	0,9	14	12
Напряжение в сети электрооборудования		В	1,2	12	9
Сила тока в цепи электрооборудования		А	1,1	75	72
Мощность стартера		Вт	1,2	1,9	1,6
Сила тока, потребляемого стартером		А	1,2	90	80
Прогиб ремня вентилятора при задаваемом усилии		мм	0,9	10	15
Сцепление:					
Свободный и рабочий ход муфты сцепления		мм	0,9	0,5	1,5
Уровень жидкости в расширительном бачке «MIN»		мм	1,0	10	50
Трансмиссия:					
Мощность, затрачиваемая на прокручивание трансмиссии и ведущих колес автомобиля		кВт	1,2	152,60	75,50
Угловой зазор в карданной передаче		град	1,0	48,0	58,0
Биение карданного вала		мм	1,2	0,50	2,00
1		град	0,8	5,30	20,00
2		град	0,8	10,50	30,50
3		град	0,8	10,50	30,50
4		град	0,8	10,50	50,00
5		град	0,8	10,50	50,00
3х		град	0,8	10,50	22,60
Установившаяся температура в агрегатах трансмиссии		°С	1,0	30,0	50,0
Уровень масла в агрегатах трансмиссии		мм	0,9	0,00	0,50
Содержание продуктов изнашивания в масле агрегатов трансмиссии		г/т	0,7	8,3	27,5
Ходовая часть и рулевое управление:					
Суммарный люфт в рулевом управлении		град	1,0	8	10
Усилие прокручивания рулевого колеса при выборе люфта в рулевом управлении		Н	1,6	8	16
Усилие прокручивания рулевого колеса при рабочем повороте управляемых		Н	1,6	3,00	6,00

Продолжение приложения А

колес					
Люфт в шарнирах рулевых тяг		мм	0,9	0,00	0,25
Продольный и поперечный люфт в шкворневом соединении (в шаровых опорах)		мм	0,9	0,00	1,50
Давление в насосе гидроусилителя		кГ/см^2	0,7	65	70
Увод управления колес на 1 км пробега		град	1,0	0,9	1,07
Уровень масла в редукторе рулевого механизма		мм	1,1	5,0	7,0
Содержание продуктов изнашивания в редукторе рулевого механизма		г/т	1,0	6,5	16,0
Схождение (угол схождения) колес		мм (град)	1,0	0	3
Угол продольного наклона оси поворота колес		град	0,9	2,3	2,6
Угол бокового наклона шкворня		град	1,0	8	12
Параллельность осей передних и задних колес		град	1,0	0,45	3,30
Параллельное смещение осей		мм	1,2	2,0	5,0
Амплитуда колебания виброизоляторов колес		мм	1,2	0,1	0,5
Осевой и радиальный люфты в подшипниках		мм	1,2	0,1	0,2
Биение (дисбаланс) колес		мм (10 ^{3} кг)	0,9	0,1	0,5
Давление воздуха в шинах		кПа	1,2	380	400
Глубина протектора на шинах		мм	1,2	1,6	1,0
Тормозная система:					
Тормозной путь		м	1,2	9	12
Замедление (установившееся замедление)		м/с^2	1,2	7,2	5
Тормозная сила на колесах		Н	0,9	220	640
Суммарная тормозная сила на колесах		Н	0,6	100,00	1256,0
Время срабатывания тормозного привода		с	0,4	0,5	0,8
Время растормаживания тормозов		с	0,9	0,6	0,8
Тормозная сила, развиваемая стояночным тормозом		Н	0,5	80,00	976,00
Давление в системе тормозного привода		МПа	0,9	0,60	0,75
Давление включения (и выключения) регулятора давления		кПа	1,2	19,6	58,8
Скорость изменения давления в контуре тормозного привода		кПа/с	1,2	0,20	0,60
Ход подвижного элемента аппарата тормозного привода		мм	1,0	28,90	36,90
Зазор во фрикционной паре тормозного механизма		мм	1,0	2,00	3,00
Путь свободного выбега колеса при торможении		м	1,0	60	50
Биение тормозного диска		мм	0,9	0,40	1,90
Толщина диска (стенки тормозного барабана)		мм	1,2	33,1	30,0
Внутренний диаметр тормозного барабана		мм	1,0	281,5	283
Толщина тормозной накладки		мм	1,0	8	2
Давление в приводе, при котором тормозные накладки касаются барабана (диска)		кПа	1,2	0,60	0,80
Усилие на тормозной педали		Н	0,9	392	490
Параметры для автомобиля с дизельным двигателем (ГАЗ – 3309)					
Автомобиль в целом:					
Мощность		л.с.	1,0	134,5	116,3
		кВт	1,0	99	78
Часовый расход топлива		кг/ч	0,9	35,6	39,4
Удельный расход топлива		г/л.с.	1,6	145	156,5
Количество газов, прорывающихся в картер двигателя		л/мин	0,9	26	98
Дымность отработавших газов на режиме свободного ускорения		%	1,0	4	40
Дымность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения кол. вала		%	1,0	2	12
Компрессия в 1м цилиндре двигателя		кгс/см^2	0,8	26	21,8
2		кгс/см^2	0,8	26	21,8
3		кгс/см^2	0,8	26	21,8
4		кгс/см^2	0,8	26	21,8
Минимально устойчивая частота вращения		мин ^{1}	0,9	900	920
Система питания двигателя:					
Давление топлива до ФТОТ дизеля		МПа	0,9	1,8	0,7
Разность давлений топлива в системе топливоподачи низкого давления		МПа	0,9	0,0	0,6
Давление топлива в плунж. паре - начала открытия нагнетательного клапана ТНВД 1 ц		МПа	0,8	13,5	6
2		МПа	0,8	13,5	6
3		МПа	0,8	13,5	6
4		МПа	0,8	13,5	6
Давление подъема иглы форсунки 1 ц		МПа	0,8	19,2	16,5
2		МПа	0,8	19,2	16,5
3		МПа	0,8	19,2	16,5
4		МПа	0,8	19,2	16,5
Время падения давления от 25 до 15 Мпа в секции ТНВД		сек	1,2	20,0	14,9
Подача топлива секцией ТНВД		см^3/мин	1,2	73	80
Запас хода реек ТНВД в сторону выключения		мм	0,9	0,7	0,8
Величина пусковой подачи топлива ТНВД		см^3/цикл	0,6	16,5	18,1
Величина эксплуатационной подачи топлива ТНВД (при 1100 об/мин)		см^3/цикл	0,6	30,9	32,1
Прогиб ремня вентилятора при задаваемом усилии		мм	1,1	12	17
Давление (разрежение) срабатывания воздушного или парового клапана теплообменника		кПа	1,1	0,9	0,96

Продолжение приложения А

Период перекрытия клапанов турбонадува двигателя		град	1,0	100	130
ГРМ					
Выступание стержней клапанов		мм	0,9	20,20	22,70
Высота кулачка распред. вала всас. клапана 1-го цилиндра		мм	0,8	5,60	4,30
2		мм	0,8	5,60	4,30
3		мм	0,8	5,60	4,30
4		мм	0,8	5,60	4,30
Высота кулачка распред. вала выпуск. клапана 1-го цилиндра		мм	0,8	5,60	4,30
2		мм	0,8	5,60	4,30
3		мм	0,8	5,60	4,30
4		мм	0,8	5,60	4,30
Электрооборудование					
Напряжение аккумуляторной батареи		В	1,1	14	12
Напряжение в сети электрооборудования		В	1,1	24	19
Сила тока в цепи электрооборудования		А	1,1	75	72
Мощность стартера		Вт	0,7	1,9	1,6
Сила тока, потребляемого стартером		А	1,1	90	80
Прогиб ремня вентилятора при задаваемом усилии		мм	0,9	10	15
Сцепление:					
Свободный и рабочий ход муфты сцепления		мм	1,3	0,5	1,5
Уровень жидкости в расширительном бачке «MIN»		мм	1,1	10	50
Трансмиссия:					
Мощность, затрачиваемая на прокручивание трансмиссии и ведущих колес автомобиля		кВт	1,6	152,60	75,50
Угловой зазор в карданной передаче		град	1,0	48,0	58,0
Биение карданного вала		мм	1,1	0,50	2,00
Суммарный люфт коробки передач на различных передачах:					
1		град	1,3	5,30	20,00
2		град	1,3	10,50	30,50
3		град	1,3	10,50	30,50
4		град	1,3	10,50	50,00
5		град	1,3	10,50	50,00
3х		град	1,3	10,50	22,60
Установившаяся температура в агрегатах трансмиссии		°С	1,0	30,0	50,0
Уровень масла в агрегатах трансмиссии		мм	1,1	0,00	0,50
Содержание продуктов изнашивания в масле агрегатов трансмиссии		г/т	1,0	8,3	27,5
Ходовая часть и рулевое управление:					
Суммарный люфт в рулевом управлении		град	1,0	8	10
Усилие прокручивания рулевого колеса при выборе люфта в рулевом управлении		Н	1,0	8	16
Усилие прокручивания рулевого колеса при рабочем повороте управляемых колес		Н	1,0	3,00	6,00
Люфт в шарнирах рулевых тяг		мм	1,1	0,00	0,25
Продольный и поперечный люфт в шкворневом соединении (в шаровых опорах)		мм	1,1	0,00	1,50
Давление в насосе гидроусилителя		кГ/см^2	0,8	65	70
Увод управления колес на 1 км пробега		град	0,8	0,9	1,07
Уровень масла в редукторе рулевого механизма		мм	1,1	5,0	7,0
Содержание продуктов изнашивания в редукторе рулевого механизма		г/т	0,8	6,5	16,0
Схождение (угол схождения) колес		мм (град)	1,1	0	3
Угол продольного наклона оси поворота колес		град	0,7	2,3	
Угол бокового наклона шкворня		град	0,8	8	12
Параллельность осей передних и задних колес		град	0,8	0,45	3,30
Параллельное смещение осей		мм	1,1	2,0	5,0
Амплитуда колебания виброизоляторов колес		мм	1,1	0,1	0,5
Осевой и радиальный люфты в подшипниках		мм	1,1	0,1	0,2
Биение (дисбаланс) колес		мм (10 ^{3} кг)	1,0	0,1	0,5
Давление воздуха в шинах		кПа	1,0	380	400
Глубина протектора на шинах		мм	1,1	1,6	1,0
Тормозная система:					
Тормозной путь		м	0,8	9	12
Замедление (установившееся замедление)		м/с^2	0,6	7,2	5
Тормозная сила на колесах		Н	1,3	220	640
Суммарная тормозная сила на колесах		Н	0,8	100,00	1256,0
Время срабатывания тормозного привода		с	0,6	0,5	0,8
Время растормаживания тормозов		с	0,6	0,6	0,8
Тормозная сила, развиваемая стояночным тормозом		Н	0,8	80,00	976,00
Давление в системе тормозного привода		МПа	1,0	0,60	0,75
Давление включения (и выключения) регулятора давления		кПа	1,0	19,6	58,8
Скорость изменения давления в контуре тормозного привода		кПа/с	1,0	0,20	0,60
Ход подвижного элемента аппарата тормозного привода		мм	1,1	28,90	36,90

Окончание приложения А

Зазор во фрикционной паре тормозного механизма		мм	1,1	2,00	3,00
Путь свободного выбега колеса при торможении		м	0,6	60	50
Биение тормозного диска		мм	1,1	0,40	1,90
Толщина диска (стенки тормозного барабана)		мм	1,1	33,1	30,0
Внутренний диаметр тормозного барабана		мм	1,1	281,5	283
Толщина тормозной накладки		мм	1,1	8	2
Давление в приводе, при котором тормозные накладки касаются барабана (диска)		кПа	0,6	0,60	0,80
Усилие на тормозной педали		Н	0,7	392	490

Приложение Б
(Обязательное)

УТВЕРЖДАЮ
заместитель начальника военного института по научной работе — начальник научно-исследовательского и редакционно-издательского отдела, кандидат педагогических наук
полковник Б.Т. Тухватуллина
« 4 » сентября 2023 г.

АКТ

о внедрении результатов диссертационного исследования Сидоренко Максима Николаевича по теме: «Усовершенствование прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей с использованием системы программно-алгоритмических и информационных средств».

Комиссия в составе: председателя – начальника кафедры автомобилей, бронетанкового вооружения и техники, кандидата технических наук, доцента по эксплуатации полковника Федорова А.Г.; членов комиссии: доцент кафедры вооружения, военной и специальной техники, кандидата военных наук полковника Андреев Р.Н.; доцент кафедры автомобилей, бронетанкового вооружения и техники, кандидата технических наук полковника Луняка А.Н.; преподавателя кафедры автомобилей, бронетанкового вооружения и техники, кандидата технических наук, профессора Алешкова О.А. рассмотрев материалы диссертационного исследования Сидоренко М.Н., свидетельствуют о том, что:

1. Представленный образец интегрированной системы прогнозирования остаточного ресурса параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей может быть рекомендован для практического использования при проведении мероприятий технического обслуживания.

2. Анализ проблем в системе планово-предупредительных мероприятий, изложенных автором в работе, характерен для технического обслуживания, эксплуатации вооружения, военной и специальной техники состоящих на вооружении в войсках национальной гвардии Российской Федерации.

3. Некоторые аспекты исследования, касающиеся анализа технического обслуживания и ремонта грузовых автомобилей сервиса машинно-тракторного парка Сибирского региона, приняты и внедрены по дисциплине «Автомобильная подготовка».

Результаты исследования Сидоренко М.Н. актуальны, представляют практический интерес.

Председатель комиссии:
Начальник кафедры автомобилей, бронетанкового вооружения и техники, кандидат технических наук А.Г. Федоров

Окончание приложения Б

Члены комиссии:

Доцент кафедры вооружения, военной и специальной техники, кандидат военных наук

Р.Н. Андреев

Доцент кафедры автомобилей, бронетанкового вооружения и техники, кандидат технических наук

А.Н. Луняка

Преподаватель кафедры автомобилей, бронетанкового вооружения и техники, кандидат технических наук, профессор

О.А. Алешков

Приложение В
(Обязательное)

УТВЕРЖДАЮ
Врио заместителя начальника филиала
«Военной академии материально-
технического обеспечения имени
генерала армии А.В. Хрулева» (г. Омск)
по учебной и научной работе
полковник
М. Радченко
«12» 12 2022 г.

АКТ
внедрения результатов диссертационного исследования
Сидоренко Максима Николаевича

Комиссия в составе: председателя – профессора 3 кафедры полковника Шабалина Д.В. членов: старшего преподавателя 10 кафедры полковника Шелягина И.А., заведующей 8 кафедрой Кургузовой О.А., профессора 13 кафедры Косаренко Р.И., составила настоящий акт о том, что произвела проверку реализации результатов диссертационного исследования, проведенного Сидоренко Максимом Николаевичем на тему «Система программно – алгоритмических и информационных средств усовершенствованного прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей с применением компьютерных технологий».

Комиссия рассмотрела результаты диссертационного исследования и УСТАНОВИЛА:

1. **Аппаратно-программный комплекс прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей** реализуются в образовательном процессе и соответствуют основной образовательной программе изучения дисциплин «Электротехника, электроника и электропривод», «Системы автоматизированного проектирования», «Эксплуатация и диагностика военных гусеничных и колесных машин».

2. Результаты диссертационного исследования реализуются в качестве дополнительного справочного материала при проведении научных изысканий в вопросах, связанных с разработкой, внедрением и применением военных гусеничных и колесных машин, в частности:

Технические средства усовершенствованного прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей с применением компьютерных технологий - при выполнении научно-исследовательской работы на 6 кафедре ((эксплуатации бронетанковой и автомобильной техники) «Анализ и пути повышения эффективности системы подготовки специалистов ремонтно-восстановительных органов в ходе повседневной деятельности» (шифр «Ремонтник-О-23»).

Окончание приложения В

3. Технические средства описанные в диссертационном исследовании внедрены на базе обеспечения учебного процесса при диагностировании и ремонте вооружения, военной и специальной техники.

4. Результаты диссертационного исследования Сидоренко Максима Николаевича на тему «Система программно – алгоритмических и информационных средств усовершенствованного прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей с применением компьютерных технологий», считать реализованными в учебном процессе и научной работе филиала.

Председатель комиссии:

Профессор кафедры (боевых гусеничных, колесных машин и военных автомобилей) д.т.н., доцент
полковник Д.В. Шабалин

Члены комиссии:
Старший преподаватель кафедры (эвакуации и вождения военных гусеничных и колесных машин) к.т.н.
полковник И.А. Шелягин

Заведующая кафедрой технологии производства к.т.н., доцент
О.А. Кургузова

Профессор 13 кафедры технической механики к.т.н., доцент
Р.И. Косаренко

Приложение Г
(Обязательное)

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ЗАО «Новомайское»,
Краснозёрского района, Новосибирской области
_____ О.И. Вотяков
«09» 09 2025 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
_____ К.С. Голохваст
«16» 09 2025 г.

АКТ
о проведении производственного эксперимента по внедрению результатов научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители СФНЦА РАН: заведующий лабораторией инновационной и информационной деятельности СибИМЭ СФНЦА РАН И.О. Корниенко, главный научный сотрудник лаборатории технического сервиса МТП СибИМЭ СФНЦА РАН, д.т.н., профессор А.М. Криков, аспирант М.Н. Сидоренко, с одной стороны,

и представители ЗАО «Новомайское» Краснозерского района Новосибирской области: исполнительный директор А.О. Вотяков, заведующий мастерской Н.В. Дынер составили настоящий акт о нижеследующем:

1. В рамках плановой НИР, а также в рамках диссертационного исследования аспиранта М.Н. Сидоренко на производственной базе ЗАО «Новомайское» Краснозерского района Новосибирской области в течении 2023 - 2024 года осуществлён производственный эксперимент по эксплуатации разработанной в лаборатории технического сервиса МТП СибИМЭ СФНЦА РАН усовершенствованной системы программно – алгоритмических и информационных средств (ПАИС) прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования.

2. Эксплуатация вышеуказанной системы проводилась при практическом выполнении операций планового ТО на примере одиннадцати грузовых автомобилей КамАЗ моделей: 452803 - 1 ед., 55102 - 5 ед., 450413 - 1 ед., 45143 - 3 ед. и 55215 - 1 ед.

3. Применение предложенной системы позволило снизить трудозатраты на один грузовой автомобиль в год при проведении плановых ТО на 2,7 чел/ч, технического диагностирования на 1,5 чел/ч, прогнозирование диагностических параметров технического состояния узлов и агрегатов автомобиля на 1,3 чел/ч.

4. Внедрение системы значительно сокращает и упрощает расчётный процесс, увеличивает достоверность при прогнозировании показателей остаточного ресурса деталей и узлов грузовых автомобилей.

5. Предлагаемая усовершенствованная система ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования может быть рекомендована для практического использования в организациях при проведении планового ТО.

Представители ЗАО «Новомайское»:
_____ А.О. Вотяков
_____ Н.В. Дынер

Представители СФНЦА РАН:
_____ И.О. Корниенко
_____ А.М. Криков
_____ М.Н. Сидоренко

Приложение Д
(Обязательное)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО Университет биотехнологий
канд. техн. наук, доцент
_____ В.Н. Бабин
«_9_» _февраля_ 2026 г.

АКТ
о внедрении в образовательный процесс ФГБОУ ВО Университет биотехнологий результатов диссертационного исследования

Результаты диссертационного исследования на соискание учёной степени кандидата технических наук Сидоренко Максима Николаевича по теме «Прогнозирование технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования на основе компьютерных технологий» внедрены в учебный процесс для студентов Инженерного института, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия и 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при чтении лекций и проведении лабораторно-практических занятий по курсу «Технический сервис в АПК», «Организация технического сервиса машин в АПК.

Результаты исследования Сидоренко М.Н. актуальны, представляют практический интерес.

И.о. директора Инженерного института
ФГБОУ ВО Университет биотехнологий
канд. техн. наук, доцент _____ А.А. Мезенов

Приложение Е
(справочное)

Руководство по пользованию усовершенствованной системой ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам технического диагностирования.

Общая инструкция по работе с усовершенствованной системой ПАИС:

1. Включить ПК.
2. Войти в систему через файл «СТАРТ».
3. Выбрать интересующий нас пункт меню.
4. Для перехода к выбранному пункту меню кликнуть левой кнопкой мыши на гиперссылку строки.
5. Работа с интересующий компонентами.
6. Для просмотра выбранного компонента блока нажать на его гиперссылку, выделенную синим цветом.
7. Для возврата в исходное меню нажать на ссылку рабочей строки файла с соответствующим наименованием.

Сформированные блоки усовершенствованной системы ПАИС размещаются на компьютере в директории с наименованием «ПАиИС 2.0». Здесь же размещается файл «СТАРТ».exsl, содержащий головной блок и вспомогательные директории: Блок 1-3 и Электронные книги по моделям рассматриваемых ГА. В электронной книге «Старт» предусматриваются наборы меню и соответствующие гиперссылки переходов к просмотру содержания информации подготовленных блоков с учетом их многоуровневого представления и возможных вариантов оперирования контентом усовершенствованной системы ПАИС.

Состав системы программно – алгоритмический и информационных средств включает четыре ссылки на директории (Рисунок 1):

1. Ввод в компьютер и корректировка в нем нормативно-справочной информаций/сведений по рассматриваемым в системе моделям ГА сельхоз товаропроизводителя (СХТП) – гиперссылка ГС-1;

Продолжение приложения Е

2

2. Ввод в компьютер сведений о результатах последнего диагностирования отдельного образца ГА СХТП и объединение их с данными предыдущих диагностировании гиперссылка ГС-2;

3. Формирование и ввод в компьютер сведений об основных приемах усовершенствованного прогнозирования рассматриваемого образца ГА СХТП гиперссылка ГС-3;

4. Электронные книги по моделям рассматриваемых ГА СХТП гиперссылка ГС-4.

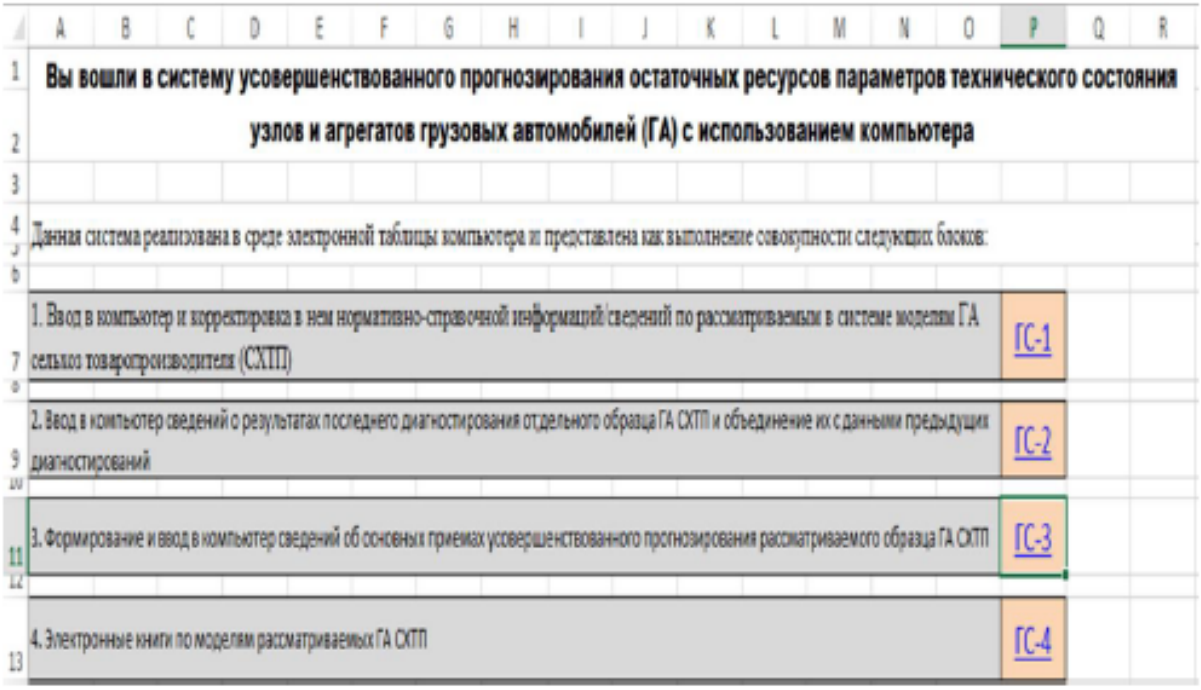


Рисунок 1 – Главное меню усовершенствованной системы ПАИС

1. Ввод в компьютер и корректировка в нем нормативно-справочной информаций/сведений по рассматриваемым в системе моделям ГА сельхоз товаропроизводителя (СХТП) (гиперссылка ГС – 1)

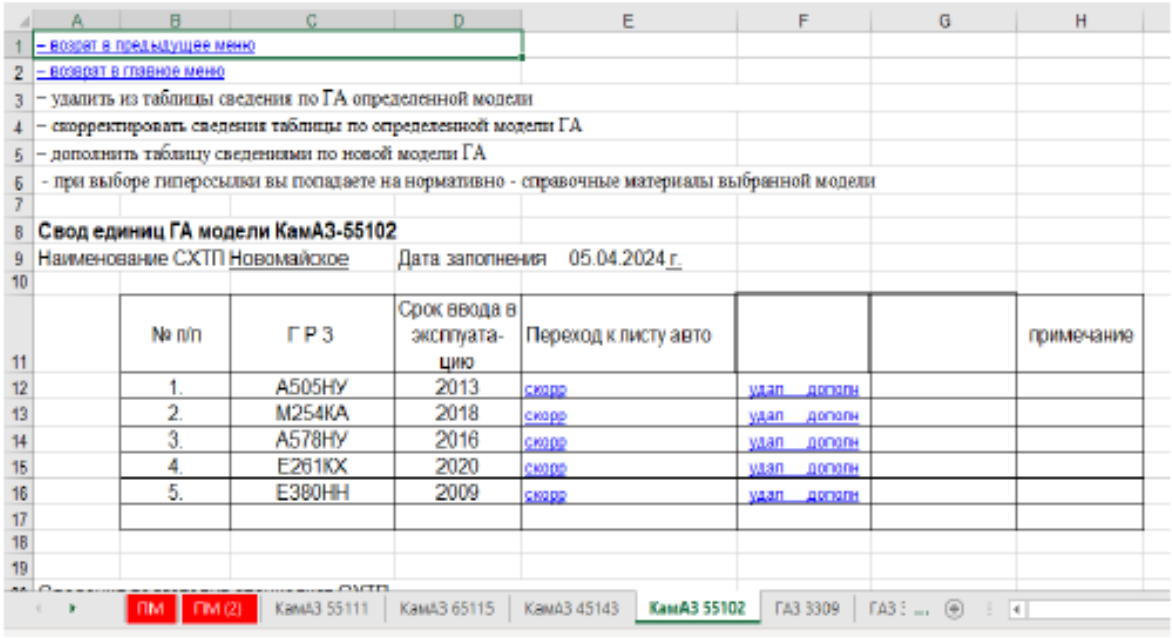
Вы переходите на лист с перечнем рассматриваемых моделей грузовых автомобилей, в котором Вам необходимо выбрать соответствующую модель пройдя по ссылке «Свод единиц ГА модели» находящейся в соседнем столбике выбранной модели. В открывшемся листе перед Вами открывается лист определенной модели и количество однотипных моделей, здесь Вы

Продолжение приложения Е

можете дополнить или удалить из таблицы типовую модель грузового автомобиля нажав на гиперссылку «удал», «дополн».

При нажатии на гиперссылку «удал», «дополн» вы попадаете в директорию данной модели, где имеете возможность дополнить её новой моделью или удалить ненужную, в самом же листе удалять и дополнять модели ГА необходимо с помощью контекстного меню программы.

Либо на уже имеющимся грузовом автомобиле скорректировать нормативно-справочную информацию, кликнув на гиперссылку «скорр». Так же из любого листа данного блока вы можете вернуться в предыдущее меню или в головной блок – воспользовавшись соответствующими гиперссылками (Рисунок 2).



– возрат в предыдущее меню
– возрат в главное меню
– удалить из таблицы сведения по ГА определенной модели
– скорректировать сведения таблицы по определенной модели ГА
– дополнить таблицу сведениями по новой модели ГА
- при выборе гиперссылки вы попадаете на нормативно - справочные материалы выбранной модели

Свод единиц ГА модели КамАЗ-55102

Наименование СХТП Новомайское Дата заполнения 05.04.2024 г.

№ п/п	Г Р З	Срок ввода в эксплуата-цию	Переход к листу авто			примечание
1.	А505НУ	2013	скорр	удал дополн		
2.	М254КА	2018	скорр	удал дополн		
3.	А578НУ	2016	скорр	удал дополн		
4.	Е261КХ	2020	скорр	удал дополн		
5.	Е380НН	2009	скорр	удал дополн		

ПМ | ПМ (2) | КамАЗ 55111 | КамАЗ 65115 | КамАЗ 45143 | КамАЗ 55102 | ГАЗ 3309 | ГАЗ ...

Рисунок 2 – Фрагмент таблицы «Перечень моделей ГА».

2. Ввод в компьютер сведений о результатах последнего диагностирования отдельного образца ГА СХТП и объединение их с данными предыдущих диагностирований (гиперссылка ГС – 2)

Вы переходите на лист с перечнем рассматриваемых моделей грузовых автомобилей, в котором Вам необходимо выбрать соответствующую модель пройдя по ссылке «Свод единиц ГА модели» находящейся в соседнем столбике выбранной модели (Рисунок 3).

Продолжение приложения Е

3	Перечень рассматриваемых моделей грузовых автомобилей				
4	Наименование СХТП "Новомайское"				
5	Дата заполнения 05.04.2024				
6	№ п/п	Наименование (марка) модели	Число ГА модели	Гиперссылка к книге модели	Примечание
7	1.	ГАЗ-3307	2	Свод единиц ГА модели	
8	2.	ГАЗ-3309	1	Свод единиц ГА модели	
9	3.	КамАЗ-452803	1	Свод единиц ГА модели	
10	4.	КамАЗ-55102	5	Свод единиц ГА модели	
11	5.	КамАЗ-55215	1	Свод единиц ГА модели	
12	6.	КамАЗ-45143	4	Свод единиц ГА модели	

Рисунок 3 – Фрагмент меню по моделям ГА

В открывшемся листе перед Вами открывается лист определенной модели и количество однотипных моделей, здесь вы можете дополнить таблицу сведениями о результатах последнего диагностирования отдельного образца ГА нажав на гиперссылку «2ГС1» или объединить сведения с данными предыдущих диагностировании с результатами последнего диагностирования отдельного ГА нажав на гиперссылку «2ГС2» (Рисунок 4).

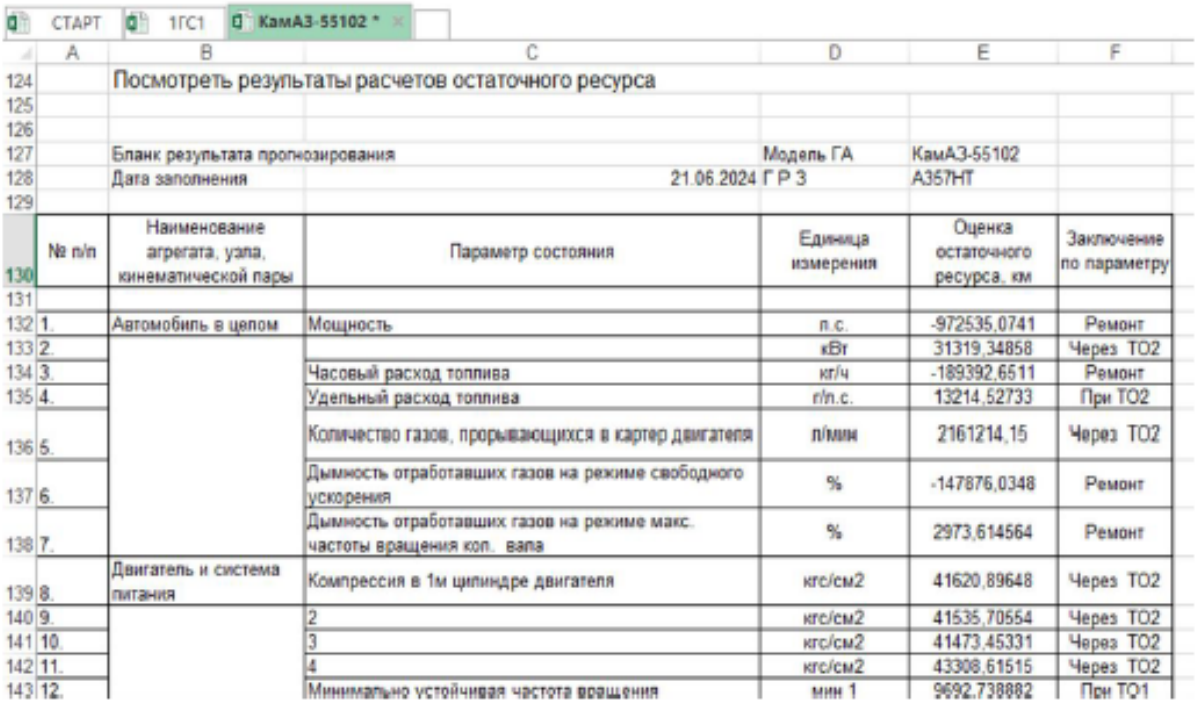
№ п/п	Наименование агрегата, узла, кинематическо	Параметр состояния	Единица измерения	Значение параметра		α	результат прогнозирования	текущая диагностика	результаты предыдущей диагностики
				номинальное, Пн	предельное , Пп				
1.				24,5	32,4	1,7	Ремонт		32
2.				152,6	75,5	1,7	Ремонт		75,8
3.				250	320	1,7	Ремонт		280
4.				21,1	28,2	1,7	При ТО1		21,8
5.				103,1	98,6	1,7	Ремонт		100,1
6.				87,5	79	0,8	Через ТО2		87
7.				250	300	0,8	Через ТО2		280
8.				23	14	1,3	Ремонт		13
9.				800	820	1,3	Ремонт		800
10.				40	80	1,3			58

Рисунок 4 – Фрагмент поля программы для внесения сведений о диагностировании ГА, с учётом предыдущей диагностики

Продолжение приложения Е

5

При диагностировании грузового автомобиля напротив выбранного автомобиля в столбце необходимо указать пробег выбранного грузового автомобиля. При переходе по гиперссылке «2ГС1» вы переходите на книгу под названием «Модель ГА» в которой пункт меню с гиперссылками позволяет Вам: ввод в компьютер и корректировка в нем нормативно-справочной информаций/сведений, вод в компьютер сведений о результатах последнего диагностирования отдельного образца ГА СХТП и объединение их с данными предыдущих диагностировании, выдача результатов прогнозирования из компьютера на его принтер (Рисунок 5).



СТАРТ | 1ГС1 | КамАЗ-55102 *

	A	B	C	D	E	F
124		Посмотреть результаты расчетов остаточного ресурса				
125						
126						
127		Бланк результата прогнозирования		Модель ГА	КамАЗ-55102	
128		Дата заполнения	21.06.2024	Г Р З	А357НТ	
129						
130	№ п/п	Наименование агрегата, узла, кинематической пары	Параметр состояния	Единица измерения	Оценка остаточного ресурса, км	Заключение по параметру
131						
132	1.	Автомобиль в целом	Мощность	л.с.	-972535,0741	Ремонт
133	2.			кВт	31319,34858	Через ТО2
134	3.		Часовый расход топлива	кг/ч	-189392,6511	Ремонт
135	4.		Удельный расход топлива	г/л.с.	13214,52733	При ТО2
136	5.		Количество газов, прорывающихся в картер двигателя	л/мин	2161214,15	Через ТО2
137	6.		Дымность отработавших газов на режиме свободного ускорения	%	-147876,0348	Ремонт
138	7.		Дымность отработавших газов на режиме макс. частоты вращения кол. вала	%	2973,614564	Ремонт
139	8.	Двигатель и система питания	Компрессия в 1м цилиндре двигателя	кгс/см2	41620,89648	Через ТО2
140	9.		2	кгс/см2	41535,70554	Через ТО2
141	10.		3	кгс/см2	41473,45331	Через ТО2
142	11.		4	кгс/см2	43308,61515	Через ТО2
143	12.		Минимально устойчивая частота вращения	мин 1	9692,738882	При ТО1

Рисунок 5 – Фрагмент листа с результатами прогнозирования.

Посмотреть результаты расчетов остаточного ресурса

3. Формирование и ввод в компьютер сведений об основных приемах усовершенствованного прогнозирования рассматриваемого образца ГА СХТП (гиперссылка ГС-3)

Вы переходите на лист с перечнем рассматриваемых моделей грузовых автомобилей, в котором Вам необходимо выбрать соответствующую модель пройдя по ссылке «Свод единиц ГА модели» находящейся в соседнем

Продолжение приложения Е

6

столбике выбранной модели. В открывшемся листе перед Вами открывается лист определенной модели и количество однотипных моделей, здесь вы можете: корректировать и вводить входную оперативную информацию, корректировать и вводить информацию по совокупность приемов усовершенствованного прогнозирования.

Для расчета остаточного ресурса на каждую модель грузового автомобиля отведен свой файл (книга).

Данный файл состоит из таблиц, включающих в себя:

- сведения о диагностируемых автомобилях;
- бланк для записи результатов диагностирования;
- справочник параметров состояний агрегатов и узлов автомобиля;
- пробеги автомобилей к моменту диагностирования;
- параметры диагностируемых узлов и агрегатов автомобиля (на каждый обслуживаемый номер автомобиля);
- заключения по результатам диагностики узлов и агрегатов автомобиля (на каждый обслуживаемый номер автомобиля).

Порядок подготовки усовершенствованной системы ПАИС к прогнозированию остаточного ресурса узлов и агрегатов автомобиля необходимо:

1. Войти в компоненту «ЗГС1»;
2. В таблице «Свод обслуживаемых автомобилей» скорректировать (записать) данные в столбцах «Марка автомобиля» и «Кол-во обслужив. автомобилей». *При необходимости количество строк таблицы возможно удалять или добавлять.*
3. Открыть файл (книгу) выбранной модели автомобиля;
4. Открыть лист «ГРЗ_1»:
5. Данные листа «Бланк диагностирования» в таблице «Бланк для записи результатов диагностирования» являются постоянными.
6. Открыть лист «СЕ ГА____»:

Продолжение приложения Е

7

Принцип работы прогнозирования по оценке остаточного ресурса узлов и агрегатов автомобиля сводится к следующему:

- выбор из таблиц соответствующую модель и номер автомобиля;

- корректировка данных по дате диагностирования и наработке автомобиля;

- ввод фактических данных диагностируемых параметров;

- выбор приемов прогнозирования;

- ввод данных по прогнозированию происходит автоматически с заранее заложенными в ней ссылками, всё что необходимо так это последующий ввод диагностируемых параметров вводить в новый столбик диагностирующего листа;

- получение заключений по параметру проведенного диагностирования и прогнозированию остаточного ресурса узлов и агрегатов автомобиля.

Алгоритм работы по прогнозированию остаточного ресурса узлов и агрегатов автомобиля:

1. Войти в блок «Формирование и ввод в компьютер сведений об основных приемах усовершенствованного прогнозирования рассматриваемого образца ГА СХТП»;
2. Войти в компонент «ПМ»;
3. В таблице «Свод обслуживаемых автомобилей» выбрать модель автомобиля;
4. Задать книгу выбранной модели автомобиля (сделать «клик» на выбранную модель автомобиля). Откроется файл (книга) соответствующей модели автомобиля;
5. Открыть лист «Прогнозируемые параметры технического состояния агрегатов и узлов автомобиля»;

5.1 В таблице «Пробеги автомобилей к моменту диагностирования» скорректировать (заполнить) данные колонок «Дата диагностирования» и «Пробег» в строке соответствующего номера автомобиля. (Пробег на дату диагностирования);

6. Открыть лист «Бланк диагностирования»:

Окончание приложения Е

8

6.1 В таблице «Бланк для записи результатов диагностирования» скорректировать (заполнить) данные «Дата заполнения» и «ГРЗ» (государственный регистрационный знак);

6.2 Распечатать лист «Бланк диагностирования» с таблицей «Бланк для записи результатов диагностирования». (Для удобства работы распечатывать в альбомном варианте);

6.3 В таблицу «Параметры диагностируемых агрегатов и узлов автомобиля» в столбец «Значение параметра в текущей диагностике, ПД0» записать фактические измеренные параметры диагностируемых узлов и агрегатов. (Из заполненной таблицы «Бланк для записи результатов диагностирования»). Произведется обновление информации;

6.4 В таблице «Заключения по результатам диагностики агрегатов и узлов автомобиля» скорректировать (заполнить) данные «ГРЗ»;

6.5 Расчетные данные автоматически заносятся в таблицу «Выдача результатов прогнозирования из компьютера на его принтер»;

7. Показания столбца «Заключение по параметру» таблицы «Заключения по результатам диагностики агрегатов и узлов автомобиля» являются результатом прогнозирования для принятия к руководству и действиям.