

На правах рукописи



СИДОРЕНКО МАКСИМ НИКОЛАЕВИЧ

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

Специальность 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснообск – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН)

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Иванников Алексей Борисович

Официальные оппоненты: **Черепанов Анатолий Петрович**, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ангарский государственный технический университет».

Сусарев Сергей Васильевич, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет».

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева».

Защита состоится « 18 » июня 2026 г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.211.01 созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук по адресу: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский район, р.п. Краснообск, ул. Центральная, зд. 7, а/я 463, телефон (факс): +7(383)348-12-09, e-mail: sibime@sfsc.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале Сибирской научной сельскохозяйственной библиотеки, автореферат и диссертация размещены на сайтах: <https://www.sfsc.ru>, [https:// vak.minobrnauki.gov.ru](https://vak.minobrnauki.gov.ru).

Отзыв на автореферат, оформленный установленным порядком просим направлять по указанному адресу на имя учёного секретаря диссертационного совета и e-mail: ds24121101@sfsc.ru.

Автореферат разослан «___» апреля 2026 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
канд. техн. наук, доцент



Иванников Алексей Борисович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В современных условиях грузовые перевозки преимущественно осуществляются автомобильным транспортом. В связи с этим коэффициент технической готовности, являющийся важным показателем в системе управления техническим состоянием автомобилей агропромышленного комплекса, в значительной степени зависит от организации и проведения технического обслуживания.

Техническое обслуживание и диагностирование грузовых автомобилей постоянно развиваются и корректируются. Однако из-за сложности и многогранности операций обслуживания возможно снижение качества, что нередко наблюдается на практике. Одним из путей совершенствования организации технического обслуживания является применение цифровых технологий, которые позволяют обрабатывать информационные потоки и формировать базы данных технической эксплуатации автомобилей. Эти базы содержат информационно-справочные материалы, учет параметров технического обслуживания и диагностирования, а также оптимизируют математические расчеты для прогнозирования, что является одним из резервов повышения коэффициента технической готовности машин.

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 компьютерных технологий является одной из актуальных задач современной инженерной науки.

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

Степень разработанности темы. Изучением процессов повышения надёжности сельскохозяйственного транспорта в системе технического обслуживания и прогнозирования, а также внедрением информационной поддержки в эту систему, внесли ученые Беляев А.И., Бердникова Р.Г., Буклагина Г.В., Ворнаков Д.В., Голиченко В.И., Громов М.С., Добролюбов И.П., Дидманидзе О.Н., Зиманов Л.Л., Ильина Н.В., Коротких В.В., Криков А.М., Кузнецов И.П., Лебедев А.В., Лившиц В.М., Моносзон А.А., Москвичев Д.А., Мошкин Н.И., Натарзан В.Н., Немцев А.Е., Павлов Б.В., Привалов П.В., Радченко Ю.Г., Репин С.В., Симонов В.А., Смирнова Е.А., Сусарев С.В., Хакимов Р.Т., Черепанов А.П. и др.

Однако, несмотря на значимость выполненных исследований, некоторые аспекты решения рассматриваемой проблемы со временем развиваются, что позволяет искать более широкий подход к их решению.

Предполагается, что обеспечить повышение эффективности операций технического обслуживания, возможно путем накопления диагностических параметров грузовых автомобилей в различных условиях эксплуатации и прогнозированием технического состояния узлов и агрегатов по результатам их технического диагностирования на основе компьютерных технологий.

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 точность 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 детерминированных) 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 прогнозирования 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 ученых 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, ФГБОУ ВО Университет биотехнологий (г. Новосибирск) и Военной академии материально-технического обеспечения (г. Омск).

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.

Апробация результатов исследования. 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, опубликованы 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 производственными 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлена общая характеристика работы, обоснована актуальность темы диссертации, степень её разработанности, и представлены основные положения, выносимые на защиту. Дана краткая характеристика диссертации, определены цель и задачи исследований, описана научная новизна, практическая ценность, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрена организация прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей при проведении диагностики и технического обслуживания в новых экономических условиях, обеспечивающие результативную эксплуатацию имеющейся материально-технической базы агропромышленного комплекса (АПК).

Проанализирована суть прогнозирования, методические основы создания

программно-алгоритмических и информационных средств позволяющих осуществить прогнозирование с более точными статистическими параметрами с учётом диагностических параметров автомобиля.

На основании проведенного анализа сформулированы цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе выполнено теоретическое обоснование усовершенствованной системы программно-алгоритмических и информационных средств (система ПАИС) прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования.

Анализ величин текущей скорости изменения параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей на основе учёта всех однотипных параметров, включая индивидуальные параметры других образцов рассматриваемой модели грузовых автомобилей вначале определяется количество идентичных параметров на самом анализируемом образце грузового автомобиля. Если количество идентичных параметров на рассматриваемом образце грузового автомобиля $j = 1$ (т.е. другое количество идентичных параметров отсутствуют), то в качестве количество идентичных параметров учитывается количество образцов грузовых автомобилей данной модели в парке самого АПК. К примеру, если содержание CO в выхлопных газах грузовых автомобилей является единичным параметром для одного автомобиля, то количество идентичных параметров будет учтено по другим образцам грузовых автомобилей. К примеру, на восьмицилиндровом двигателе обязательно найдётся диагностический параметр, для которого количества идентичных параметров будет $j = 8$, в таком случае при оценке количества идентичных параметров будет учтено восемь скоростей, для оценки изменения анализируемого параметра $v_{c1}, v_{c2}, \dots, v_{c8}$, что соответствует совершенствованию метода прогнозирования в системе ПАИС. Определение усреднённой скорости изменения анализируемого диагностического параметра и оценивается с помощью выражения:

$$V_{cp} = (v_{c1} + v_{c1} + v_{c2} + \dots + v_{cj}) / (j + 1), \quad (1)$$

где V_{cp} - усреднённая скорость изменения анализируемого диагностического параметра, (α -показатель степени функции изменения параметра (износа детали. сопряжения));

$v_{c1}, v_{c2} \dots v_{cj}$ - скорость изменения анализируемого диагностического параметра;

j - количество диагностических параметров.

Здесь величина рассматриваемой скорости v_{c1} фигурирует дважды, что сделано для повышения её весомости при усреднении.

По выражению (1) пересчитываются все прогнозируемые диагностические параметры технического состояния рассматриваемого грузового автомобиля, заменяя реальные скорости их изменения на полученные значения V_{cp} 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 диагностики, необходимо корректировать таблично задаваемые типизированные коэффициенты α , что осуществляется методом наименьших квадратов. С учётом фактических данных анализируемого параметра P_1, P_2, \dots, 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. 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, второй параметр у нас находится в памяти персонального компьютера и является параметром, полученным при проведении последней диагностики, а третье значение диагностического параметра получаем непосредственно в процессе технического диагностирования.

Согласно метода наименьших квадратов, кривую изменения необходимо задавать минимум через три точки, при этом чем больше мы будем иметь параметров, хранящихся в памяти персонального компьютера, 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, \dots, R_r (индекс $1, 2, \dots, r$ - 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, \dots, R_r , формируется для последовательности значений α_0 , взятой из диапазона $((0,7 \dots 1,3) \times \alpha)$ с шагом 0,1. Сама сумма квадратов отклонений подсчитывается по выражению:

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

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

R_1, R_2, \dots, 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).

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 грузового автомобиля.

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 нормативно-справочной информации идентичными предельными параметрами технического состояния (R_{id}), d – предельное значение прогнозируемого параметра технического состояния узла или агрегата грузового автомобиля. 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.

Применительно к усовершенствованной системе ПАИС, которая характеризуется значительной нормативно-технической насыщенностью, подобные модели представляют определенный научный и практический интерес. Цель формирования полной информационной модели – обеспечить информационное сопровождение всех задач, относящихся к организации и проведению прогнозирования.

Информационная модель (Рисунок 1) усовершенствованной системы ПАИС представлена как совокупность основных объектов, непосредственно связанных с процессом обслуживания грузовых автомобилей (ИМУПП):

$$\text{ИМУПП} = \{ \text{МПАС}, \text{МОГА}_i, N_i \}, \quad (3)$$

где МПАС – множество необходимых ПАИС;

МОГА – совокупность i -х моделей грузовых автомобилей, которые обслуживаются данным ПАИС, $i = 1, 2, \dots, I$;

I – число моделей грузовых автомобилей, рассматриваемых в системе;

N_i – число грузовых автомобилей i -й модели.

Каждая из составляющих выражения (3) может быть представлена в виде самостоятельных частей модели. Исходя из сказанного, множество необходимых ПАИС запишется в виде (МПАС):

$$\text{МПАС} = \{ \text{МИПП}, \text{СУПП}, \text{КПАИС} \}, \quad (4)$$

где МИПП – множество известных приемов прогнозирования;

СУПП – совокупность усовершенствований приемов прогнозирования;

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

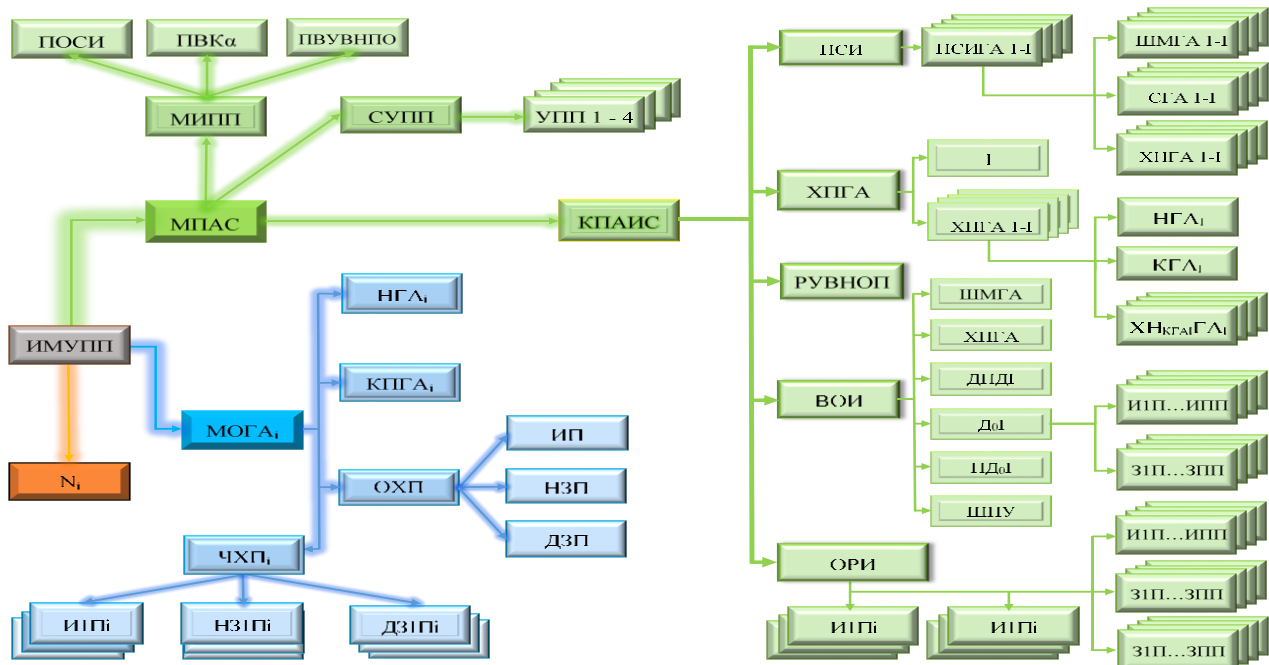


Рисунок 1 – Информационная модель усовершенствованной системы ПАИС

В третьей главе представлена программа и методика экспериментальных исследований, включающая в себя 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.

В результате проведенных теоретических исследований была разработана функциональная схема (Рисунок 2), на основе которой реализован действующий прототип усовершенствованной системы ПАИС, исполненный в среде MS Excel.

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.

Разработанная функциональная схема 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.

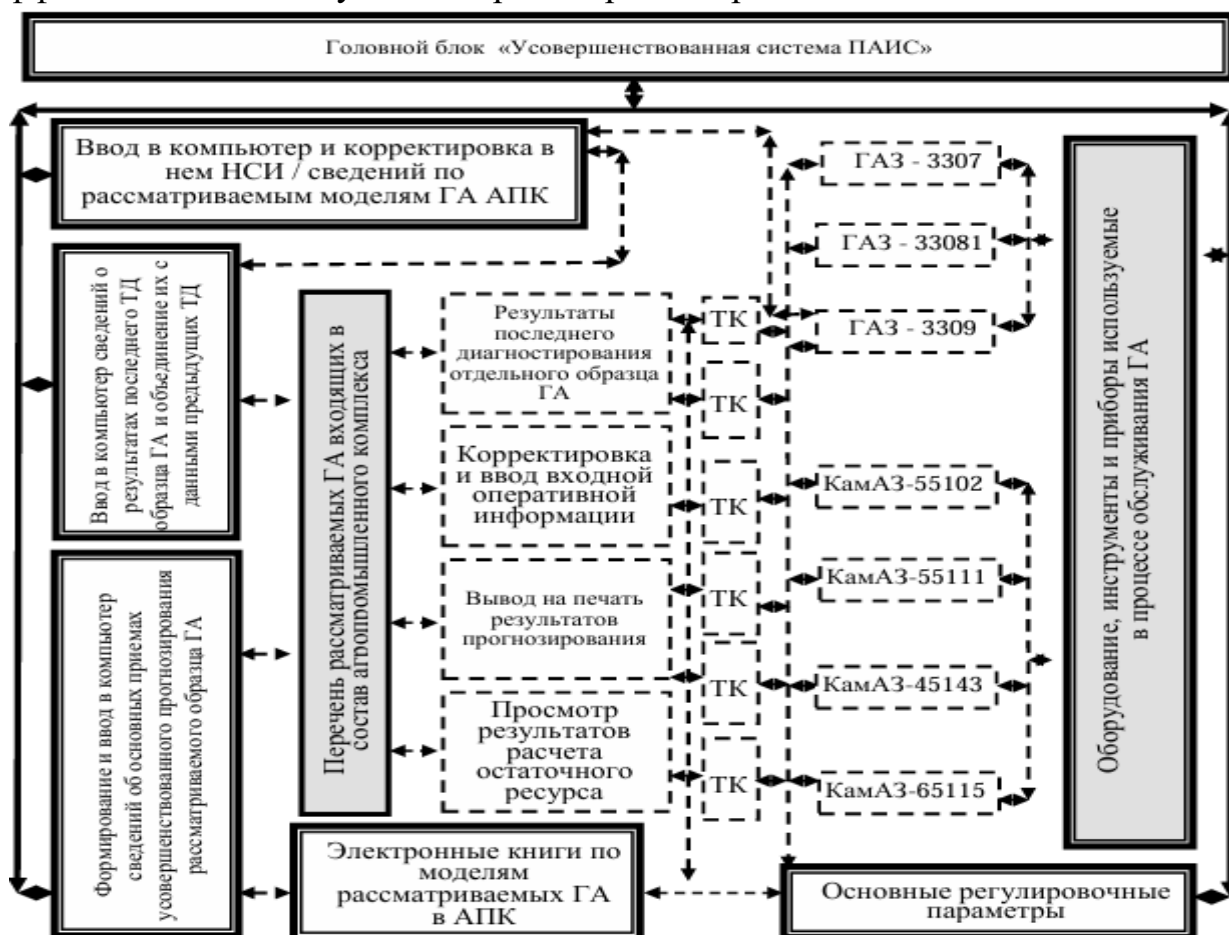


Рисунок 2 – Функциональная схема (□ – блоки индивидуального характера, □ – однотипные блоки горизонтальной интеграции контентов; ← - - → – структурные связи головного блока, ↔ – межблочные связи).

При проведении лабораторных испытаний дополнительно проверялась работоспособность усовершенствованной системы 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).

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. К проверке привлекалось 11 грузовых автомобилей семейства КамАЗ.

В процессе производственной проверки усовершенствованную систему ПАИС установили на компьютер пункта технического обслуживания, 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 прохождения планового ТО-1, ТО-2 и СО.

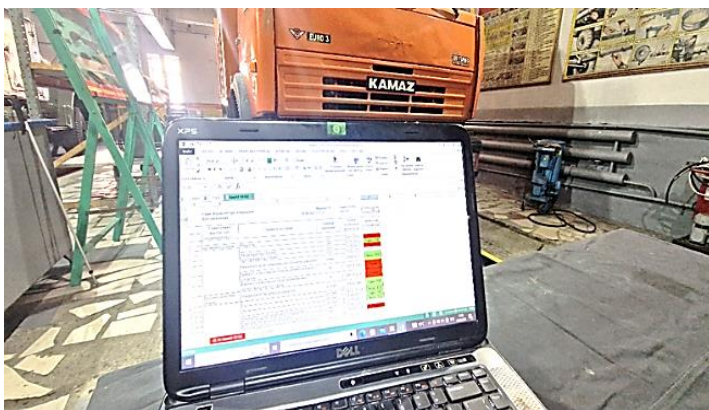


Рисунок 3 – Работа по наблюдению в условиях пункта технического обслуживания

Работа по наблюдению осуществлялась в условиях пункта технического обслуживания во время проведения плановых ТО (рисунок 3). Согласно плану наблюдений для грузовых автомобилей в количестве $N=11$ ед., доверительная вероятность $\gamma=0,95$, предельная относительная ошибка $\sigma=0,15$ и коэффициент вариации $v=0,2$. В таблице ближайшее среднее (ожидаемое) значение случайной величины (k) для $v=0,2$ находится в интервале, поэтому используем ближайшие значения для $v=0,2$ и по интерполяции из таблицы получаем: $k \approx 0,65$, продолжительность наблюдений должна составлять не менее 260 часов.

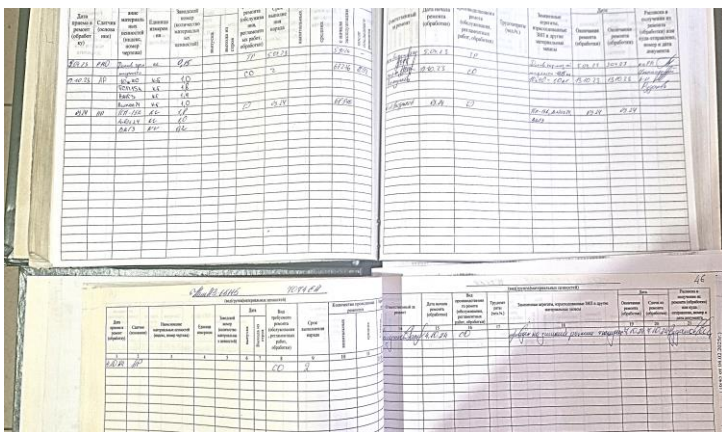


Рисунок 4 – Журнала наблюдений за объектом.

Полученные диагностические параметры в ходе технического диагностирования заносятся в соответствующие блоки усовершенствованной системы ПАИС. Помимо внесения полученной информации в систему, ведётся журнал наблюдений (рисунок 4), куда также вносятся результаты технического диагностирования. Это нужно для периодической сверки получаемых данных, загруженных в систему.

Полученные диагностические параметры в ходе технического диагностирования заносятся в соответствующие блоки усовершенствованной системы ПАИС. Помимо внесения полученной информации в систему, ведётся журнал наблюдений (рисунок 4), куда также вносятся результаты технического диагностирования. Это нужно для периодической сверки получаемых данных, загруженных в систему.

Полученные диагностические параметры в ходе технического диагностирования заносятся в соответствующие блоки усовершенствованной системы ПАИС. Помимо внесения полученной информации в систему, ведётся журнал наблюдений (рисунок 4), куда также вносятся результаты технического диагностирования. Это нужно для периодической сверки получаемых данных, загруженных в систему.

Полученные диагностические параметры в ходе технического диагностирования заносятся в соответствующие блоки усовершенствованной системы ПАИС. Помимо внесения полученной информации в систему, ведётся журнал наблюдений (рисунок 4), куда также вносятся результаты технического диагностирования. Это нужно для периодической сверки получаемых данных, загруженных в систему.

Обработка результатов экспериментальных исследований производилась методом выявления скоростей изменения параметров состояния диагностируемых объектов с последующим сравнением полученных результатов с номинальными и предельными диагностическими параметрами.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований.

Усовершенствованная система 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 5

4	Данная система реализована в среде электронной таблицы компьютера и представлена как выполнение совокупности следующих блоков:	
6		
7	1. Ввод в компьютер и корректировка в нем нормативно-справочной информации/сведений по рассматриваемым в системе моделям ГА сельхоз товаропроизводителя (СХТП)	ГС-1
9	2. Ввод в компьютер сведений о результатах последнего диагностирования отдельного образца ГА СХТП и объединение их с данными предыдущих диагностирований	ГС-2
11	3. Формирование и ввод в компьютер сведений об основных приемах усовершенствованного прогнозирования рассматриваемого образца ГА СХТП	ГС-3
13	4. Электронные книги по моделям рассматриваемых ГА СХТП	ГС-4

Рисунок 5 – 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 выбрать его гиперссылку. Компоненты разделены по направлениям деятельности и размещены в четырёх 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.

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 каждой рассматриваемой модели приводится регистр, представленный фрагментом на рисунке 6, и на каждую из них следует гиперссылка.

Перечень рассматриваемых моделей грузовых автомобилей				
Наименование СХТП "Новомайское"				
Дата заполнения 05.04.2024				
№ п/п	Наименование (марка) модели	Число ГА модели	Гиперссылка к книге модели	Примечание
1.	ГАЗ-3307	2	Свод единиц ГА модели	Операции технической диагностики, технического обслуживания ГАЗ
2.	ГАЗ-3309	1	Свод единиц ГА модели	
3.	КамАЗ-452803	1	Свод единиц ГА модели	Операции технической диагностики, технического обслуживания ГА КамАЗ
4.	КамАЗ-55102	5	Свод единиц ГА модели	
5.	КамАЗ-55215	1	Свод единиц ГА модели	
6.	КамАЗ-45143	4	Свод единиц ГА модели	

Рисунок 6 – Фрагмент меню по моделям грузовых автомобилей

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.

Для просмотра выбранного компонента необходимо перейти на его гиперссылку (Рисунок 7).

№ п/п	Г Р 3	Срок ввода в эксплуатацию	Пробег предыдущего ТД	Дата последнего ТО	Пробег текущего ТД	примечание
1.	A505HY	20.05.2016	380000	17.05.2024	395000	
2.	M254KA	01.10.2019	156387	12.10.2023	180000	
3.	A578HY	07.05.2021	37965	09.05.2024	53000	
4.	E261KX	16.05.2011	474398	16.05.2024	489000	
5.	E380NH	23.04.2013	362376	17.04.2024	377000	

Рисунок 7 – Фрагмент меню отдельных образцов грузовых автомобилей

Структура блока представляется как иерархически сформированная часть и представлена связующим текстом, выступающим в качестве меню данного блока. Все компоненты имеют свой код гиперссылки.

Прогнозирование технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам технического диагностирования, выполняется после осуществления очередного диагностирования. Результаты диагностирования отображаются в виде сводной таблицы, где отражается и рекомендуемое управляющее воздействие на объект (Рисунок 8).

127	Бланк результата прогнозирования			Модель ГА	КамАЗ-55102	
128	Дата заполнения			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.		Часовой 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

Рисунок 8 – Фрагмент листа с результатами прогнозирования.

Четвёртый пункт является информационным и представляет: «Электронные книги по моделям рассматриваемых грузовых автомобилей сельхоз товаро-производителя» усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам технического диагностирования в которых рассмотрены следующие модели грузовых автомобилей: ГАЗ-3307, ГАЗ-3309, КамАЗ-452803, КамАЗ-55102, КамАЗ-55215 и КамАЗ-45143.

В ходе производственной проверки было установлено, что грузовые автомобили КамАЗ, участвующие в производственной проверке в среднем проходили плановое ТО-1 шесть раз и ТО-2 два раза в год. 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.

За счет того, что усовершенствованная система ПАИС по результатам прогнозирования предлагает варианты управляющего воздействия, при последующих процедурах диагностирования в ходе плановых ТО удалось снизить количество операций диагностирования (Рисунок 9).

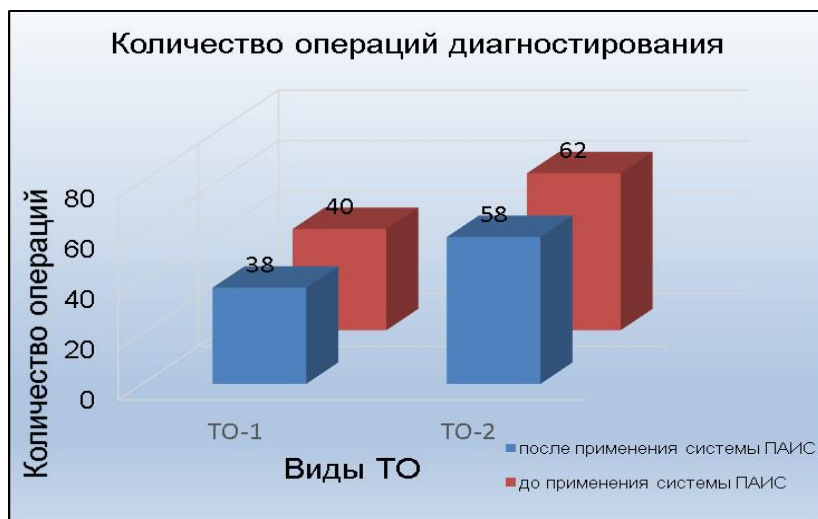


Рисунок 9 - Операции диагностирования при использовании усовершенствованной системы ПАИС

Использование усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей

по результатам их технической диагностики позволило снизить временные затраты при проведении некоторых операций ТО и технического диагностирования. Результаты до и после использования усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технической диагностики представлены на рисунке 10.

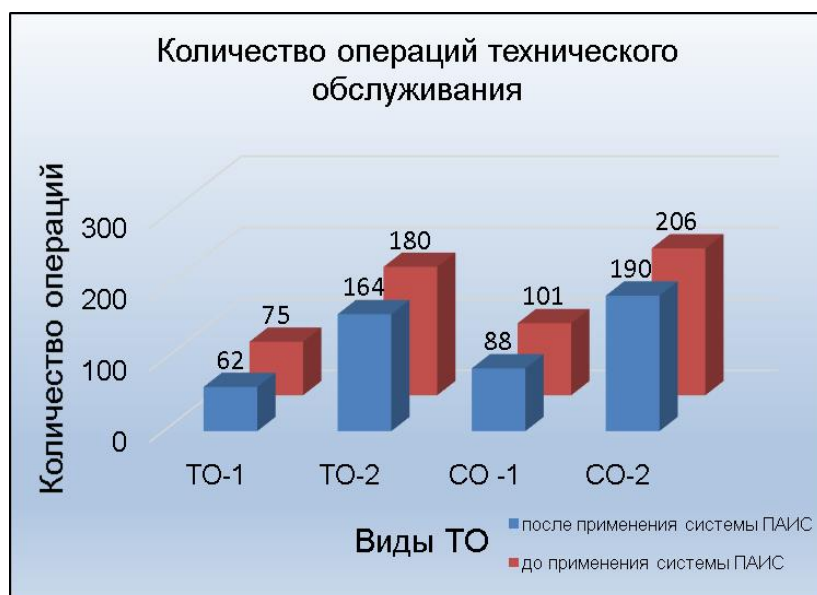


Рисунок 10 - Количество операций технического обслуживания при использовании усовершенствованной системы ПАИС

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 грузовой автомобиль в год составило 5,5 чел/ч.

Среднее значение нормативных трудовых затрат 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 11).



Рисунок 11 – Трудозатраты на проведение операций ТО при использовании усовершенствованной системы ПАИС

В пятой главе выполнена оценка экономической эффективности применения усовершенствованной системы ПАИС прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования.

Эффективность от внедрения предлагаемой системы ПАИС по результатам производственной проверки составила 4125 руб. на один грузовой автомобиль КамАЗ, при средней стоимости нормо-часа 750 руб.

Расчётная эффективность от внедрения предлагаемой системы ПАИС в хозяйства АПК Новосибирской области, исходя из количества грузовых автомобилей по состоянию на 1 января 2025 (4589 ед.) составляет порядка 19 млн. рублей.

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.

Рекомендации по использованию результатов исследования:

Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования действующей системы технического обслуживания и ремонта МТП в хозяйствах АПК, а также могут быть использованы в образовательной деятельности при подготовке специалистов инженерно-технической службы по эксплуатации МТП АПК.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. 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.

2. 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.

3. 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 WSBFFD.

Публикации в других изданиях:

4. 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.

5. Сидоренко, М. Н. Методы усовершенствования прогнозирования технического обслуживания грузовых автомобилей на основе анализа общих данных / М. Н. Сидоренко, А. Б. Иванников // Совершенствование прогнозирования технического состояния узлов и агрегатов грузовых автомобилей по результатам их технического диагностирования в агропромышленном комплексе: сборник научных статей XXVIII Международного научно-практического форума при поддержке Исполнительного комитета СНГ, Краснообск, 26 февраля 2026 года. – Краснообск: Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2026.

6. 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.

7. 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.

8. 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 ин-

ститут механизации и электрификации сельского хозяйства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук, 2019. – С. 245-250. – EDN NYBLEH.

9. 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.

10. 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 GKVBHLM.

11. 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 2023 года – 10 2023 года. Том Книга 1. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2023. – С. 164-166.