

На правах рукописи

БАЛА Иван Данилович

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

**Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в
сельском хозяйстве**

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина».

Научный руководитель: Дзюба Юрий Васильевич,
кандидат технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Пучин Евгений Александрович
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «Московский государственный
агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»,
заведующий кафедрой «Ремонт и надежность машин»

Абрамов Вячеслав Николаевич,
доктор технических наук, профессор,
«Научно-исследовательский испытательный центр
автомобильного транспорта Федеральное бюджетное
учреждение 3 Центральный научный
исследовательский институт» Министерства обороны
Российской Федерации «НИИЦ АТ ФБУ 3 ЦНИИ» МО
РФ, главный научный сотрудник.

Ведущая организация: ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский технологический институт ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка» (ГНУ ГОСНИТИ).

Защита состоится 27 мая 2013 года в 13.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.044.01 при ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина» по адресу: 127550, г. Москва, ул. Лиственничная аллея, д.16 а, корпус 3, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина».

Ученый секретарь
диссертационного совета

А.С. Дорохов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Автомобильный транспорт имеет для сельскохозяйственной отрасли важнейшее значение. В современных условиях доля транспортных расходов в себестоимости валовой сельскохозяйственной продукции составляет 20...40 %, а в бездорожных районах достигает 47 % и более. Транспортными работами занято 20...25 % работников сельскохозяйственного производства.

В свою очередь, исходя из природно-климатических условий и выполняемых задач, наиболее целесообразным является использование полноприводной автомобильной техники.

Парк автомобильного транспорта сельского хозяйства характеризуется предельным физическим и моральным износом. Это предопределяет значительное снижение основных показателей образцов АТ, в первую очередь, показателей надежности. Кроме этого, условия хранения образцов АТ агропромышленного комплекса характеризуются существенным воздействием климатических факторов, что также значительно снижает показатели безотказности.

Вместе с тем, существующий методический аппарат недостаточно учитывает как изменение показателей безотказности в зависимости от срока службы, так и условия хранения образцов АТ.

Таким образом, диссертационная работа, направленная на решение указанных методических проблемных вопросов является актуальной.

Цель работы. Повышение надежности автомобильного транспорта, используемого в сельском хозяйстве.

Объект исследования. Образцы автомобильного транспорта, используемые в сельском хозяйстве.

Предмет исследования. Метод, методика и зависимости показателей безотказности автомобильного транспорта, используемые в сельском хозяйстве.

Научная задача. Разработка метода, основных положений методики и зависимостей показателей безотказности образцов АТ, используемых в сельском хозяйстве, на основе учета влияния срока службы и условий хранения.

Задачи исследования. Структуризация научной задачи и необходимость достижения поставленной цели исследований обуславливает необходимость решения следующих основных задач:

- разработка метода технико-экономической оценки безотказности образцов автомобильного транспорта;
- разработка методических аспектов прогнозирования безотказности образцов АТ;
- разработка основных положений методики расчета затрат на обеспечение безотказности образцов автомобильного транспорта;
- обобщение результатов экспериментальных исследований по определению показателей безотказности образцов АТ;
- выявление зависимостей показателей безотказности образцов автомобильного транспорта от долговечности и условий хранения;

- разработка нормативов безотказности образцов автомобильного транспорта в зависимости от сроков службы и условий хранения;
- разработка и технико-экономическая оценка практических рекомендаций по повышению уровня безотказности автомобильного транспорта.

Научная новизна исследования заключается:

1. В разработке метода технико-экономической оценки безотказности образцов АТ, который в отличие от известных методов базируется на векторном произведении показателей, отражающих безотказность и затраты на ее обеспечение.
2. В формировании методических аспектов прогнозирования показателей безотказности образцов АТ, которые позволяют учесть срок службы и климатические условия хранения.
3. В установлении основных зависимостей показателей безотказности образцов автомобильного транспорта от долговечности и условий хранения.

Практическая значимость работы заключается:

- в разработке нормативов безотказности образцов автомобильного транспорта в зависимости от сроков службы и условий хранения;
- в повышении точности прогнозирования показателей безотказности за счет учета климатических факторов и условий хранения, а также уточнения наработки на отказ и трудоемкости текущего ремонта, что позволяет в полном объеме спланировать основные силы и средства технического обслуживания и ремонта образцов АТ;
- в обосновании рациональных способов хранения образцов АТ в зависимости от климатических районов;
- в рекомендациях по применению перспективных методов и средств повышения уровня сохраняемости образцов АТ.

Основные результаты, выносимые на защиту:

1. Метод технико-экономической оценки безотказности образцов АТ.
2. Прогнозирование показателей безотказности образцов АТ.
3. Основные зависимости показателей безотказности образцов автомобильного транспорта от долговечности и условий хранения.
4. Нормативы безотказности образцов автомобильного транспорта в зависимости от сроков службы и условий хранения.
5. Предложения и рекомендации по повышению уровня безотказности образцов АТ.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на заседаниях кафедры «Автомобильный транспорт» ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина в 2011-2013 гг., научно-практической конференции.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 печатных работ в перечне ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, списка литературы и приложения. Работа изложена на 154 страницах машинописного текста, включает 25 рисунков, 23 таблицы, библиографию из 63 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование актуальности темы исследования, анализ существующей методической базы, постановку научной задачи.

В первой главе «Анализ состояния вопроса, определение цели и постановка научной задачи исследований» определены роль и место автомобильного транспорта в сельскохозяйственном производстве. Приведены результаты анализа состояния парка автомобильного транспорта сельского хозяйства. Рассмотрены основные методы прогнозирования показателей безотказности, определены их основные недостатки. Проанализированы условия и методы хранения автомобильного транспорта агропромышленного комплекса. Проведенные исследования позволили выявить научную задачу, сформулировать цель и задачи исследования.

Автомобильный транспорт имеет для сельскохозяйственной отрасли важнейшее значение. В современных условиях доля транспортных расходов в себестоимости валовой сельскохозяйственной продукции составляет 20...40 %, а в бездорожных районах достигает 47 % и более. Транспортными работами занято 20...25 % работников сельскохозяйственного производства.

В свою очередь, исходя из природно-климатических условий и выполняемых задач, наиболее целесообразным является использование полноприводной автомобильной техники.

Парк автомобильного транспорта сельского хозяйства характеризуется предельным физическим и моральным износом. Это предопределяет значительное снижение основных свойств образцов АТ, в первую очередь, показателей надежности:

Показатели надежности включают четыре группы основных показателей:

- показатель безотказности;
- показатель долговечности;
- показатель ремонтпригодности;
- показатель сохраняемости.

Методическая основа определения каждой из рассмотренных групп показателей достаточно глубоко проработана. Ее формированию посвящены работы А.И. Селиванова, В.И. Черноиванова, М.Н. Ерохина, В.М. Кряжкова, А.Э. Северного, В.И. Казарцева, В.А. Евграфова, В.В. Ефремова, Е.А. Пучина, А.А. Зангиева, А.Н. Скороходова, В.Н. Абрамова, И.С. Левитского, Н.С. Ждановского, В.А. Шадричева, Л.В. Дегтяринского, Р.В. Кугеля, М.А. Халфина, П.П. Лезина, С.С.Черепанова, Е.А. Лисунова, Ю.Н. Артемьева и др.

Вместе с тем, существующий методический аппарат недостаточно учитывает изменение показателей надежности в целом, и безотказности в частности, в зависимости от срока службы.

Кроме этого, хранение большинства образцов АТ осуществляется на открытой площадке или в неотапливаемом хранилище. Условия хранения существенно влияют на показатели безотказности. Современные методы прогнозирования показателей безотказности не уделяют этому проблемному вопросу существенного внимания.

Таким образом, научная задача исследований заключается в разработке метода, основных положений методики и зависимостей показателей безотказности образцов АТ, используемых в агропромышленном комплексе, на основе учета влияния срока службы и условий хранения.

В формализованной форме данная научная задача выглядит следующим образом:

$$P_{б/от} = f(\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n, \tau_{сл}, Y_{xp}), \quad (1)$$

$$P_{б/от} = f(T_{асп}, \mathcal{E}_{асп}), \quad (2)$$

$$P_{б/от} = f(\Pi_n) = f(\Pi_{кач}), \quad (3)$$

где $P_{б/от}$ - показатель безотказности образца АТ;

$\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ - факторы внешней среды, учитываемые существующим методическим аппаратом;

$\tau_{сл}$ - срок службы образцов АТ, лет;

Y_{xp} - условия хранения образцов АТ;

$T_{асп}, \mathcal{E}_{асп}$ - соответственно технический и экономический аспекты;

Π_n - показатель надежности образца АТ;

$\Pi_{кач}$ - показатель качества образца АТ.

Для решения научной задачи планируется использовать вероятностные методы прогнозирования безотказности, методы нормативов, технико-экономические методы обоснования.

Научная задача является составным элементом общей проблемы прогнозирования показателя надежности в частности и показателя качества в целом. Научная задача является многоаспектной. В частности, технический аспект проявляется в исследовании зависимостей показателей безотказности, а экономический аспект отражен в расчете эксплуатационных затрат.

Исходя из сущности, научная задача исследований может быть структурирована на ряд взаимосвязанных частных задач:

- разработка метода технико-экономической оценки безотказности образцов автомобильного транспорта;

- разработка методических аспектов прогнозирования безотказности образцов АТ;

- разработка основных положений методики расчета затрат на обеспечение безотказности образцов автомобильного транспорта;

- обобщение результатов экспериментальных исследований по определению показателей безотказности образцов АТ;

- выявление зависимостей показателей безотказности образцов автомобильного транспорта от долговечности и условий хранения.
- разработка нормативов безотказности образцов автомобильного транспорта в зависимости от сроков службы и условий хранения;
- разработка и технико-экономическая оценка практических рекомендаций по повышению уровня безотказности автомобильного транспорта.

Вторая глава «Теоретические исследования по формированию методических аспектов прогнозирования показателей безотказности автомобильного транспорта сельского хозяйства» посвящена решению первых трех задач исследований, а именно разработке метода технико-экономической оценки, методических аспектов прогнозирования показателей безотказности и методике расчета затрат на их достижение.

В рамках решения первой задачи исследований разработан метод технико-экономической оценки безотказности образцов автомобильного транспорта, используемых в сельском хозяйстве, который, с одной стороны, на основе теории вероятности устанавливает связь показателей готовности с показателем качества, а с другой стороны – на основе методов теории принятия решений позволяет сформировать область рациональных значений показателей безотказности и эксплуатационных затрат.

Под качеством понимается вероятность обеспечения АТ требуемых функций в заданных условиях эксплуатации. В свою очередь, искомая вероятность определяется одновременным наступлением трех взаимосвязанных событий:

- событие, заключающееся в том, что в произвольный момент времени образец АТ окажется работоспособным, т.е. будут отсутствовать эксплуатационные отказы;
- событие, заключающееся в том, что работоспособный автомобиль по своим техническим характеристикам способен обеспечить требуемые функции в заданных условиях эксплуатации;
- событие, заключающееся в том, что водитель обеспечит полную реализацию технических характеристик, заложенных в конструкции образца АТ.

В связи с тем, что второе событие может осуществиться только при наступлении первого события, а третье - при наступлении первого и второго событий и все три события имеют вероятностный характер, допустимо применить формулу умножения вероятностей зависимых событий.

На языке интегральных показателей уравнение для определения показателя качества будет иметь следующий вид:

$$P_{\text{кач}} = P_{\text{б/от}} \cdot P_{\text{приг}} \cdot P_{\text{вод}} \quad (4)$$

где $P_{\text{кач}}$ -показатель качества образца АТ;

$P_{\text{б/от}}$ - показатель безотказности образца АТ при использовании по назначению;

$P_{\text{приг}}$ - показатель пригодности, характеризующий способность работоспособного автомобиля по своим техническим характеристикам выполнить требуемые функции в заданных условиях использования;

$P_{вод}$ - показатель эффективности водителя, характеризующий способность водителя обеспечить полную реализацию технических характеристик, заложенных в конструкции образца АТ.

Из анализа уравнения (4) следует, что работоспособность автомобиля оказывает самое непосредственное влияние на качество образцов АТ. Так, показатель качества не может превышать величину показателя безотказности. В предельном случае, если показатель безотказности равен нулю, то величина показателя качества также обращается в нуль.

В свою очередь, объединение технико-экономических показателей оценки безотказности осуществлено на основе вектора в координатах «показатель безотказности» - «эксплуатационные затраты» (рисунок 1).

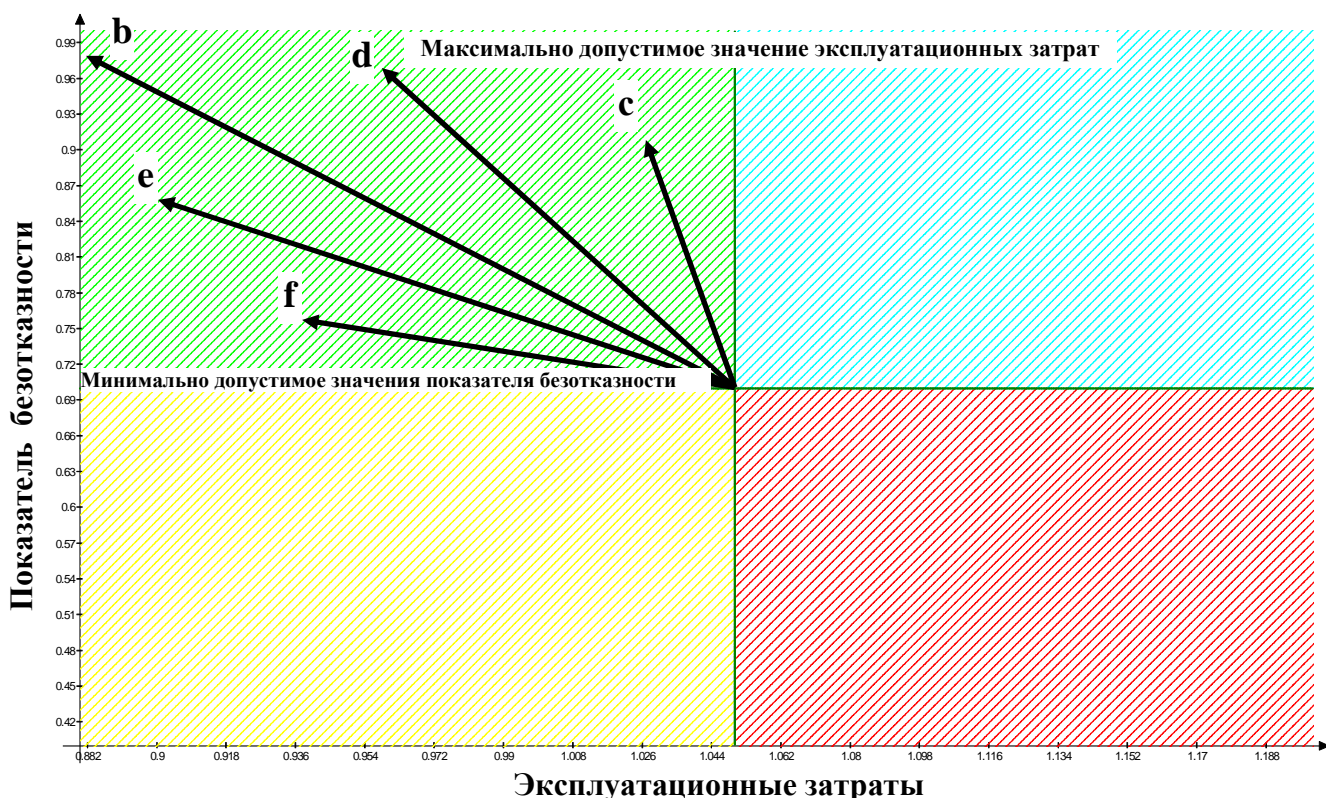


Рисунок 1 – Векторное сочетание показателей безотказности и эксплуатационных затрат на образец АТ.

В течение жизненного цикла положение образца АТ в координатах «показатель безотказности – эксплуатационные затраты» существенно изменяется. Так, если предположить, что первоначальное положение образца АТ в четвертом квадранте, то в течение использования осуществляется снижение его показателя безотказности и повышение затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Первый рассмотренный фактор обуславливает смещение начального положения образца АТ вниз (в третий квадрант). Второй фактор приводит к перемещению начального положения вправо, т.е. во второй квадрант. Низкий уровень безотказности образца АТ и неприемлемо высокие затраты на эксплуатацию приводят к необходимости его замены.

Количественное сочетание показателя безотказности и полных затрат на его достижения осуществляется на основе длины вектора, построенного в соответствующих координатах (рисунок 1):

$$L_{\bar{\sigma}/om-зат} = \sqrt{((\Pi_{\bar{\sigma}/om})_{\phi} - (\Pi_{\bar{\sigma}/om})_{\min})^2 + ((Z_{\text{экс}})_{\max} - (Z_{\text{экс}})_{\phi})^2}, \quad (5)$$

где $L_{\bar{\sigma}/om-зат}$ – длина вектора в системе координат «показатель безотказности-эксплуатационные затраты»;

$(\Pi_{\bar{\sigma}/om})_{\phi}$, $(\Pi_{\bar{\sigma}/om})_{\min}$ – соответственно фактическое и минимально допустимое значения показателя безотказности;

$(Z_{\text{экс}})_{\max}$, $(Z_{\text{экс}})_{\phi}$ – соответственно максимально допустимое и фактическое значения эксплуатационных затрат, руб.

В рамках решения второй задачи исследований разработан метод оценки безотказности, на основании которого сформирован комплекс показателей оценки безотказности (рисунок 2). Интегральным показателем оценки является стационарный показатель оперативной безотказности. Он включает средний показатель мгновенной готовности, комплексный показатель, отражающий влияние условий хранения, и вероятность безотказной работы при использовании:

$$(\Pi_{\bar{\sigma}/om})_{\text{опер}}^{\text{стац}} = (\Pi_{\text{гот}})_{\text{мгн}}^{\text{стац}} \cdot P(t_{\text{исп}}), \quad (6)$$

$$(\Pi_{\text{гот}})_{\text{мгн}}^{\text{стац}} = (\bar{\Pi}_{\text{гот}})_{\text{мгн}} \cdot \Pi_{\text{хр}}, \quad (7)$$

где $(\Pi_{\bar{\sigma}/om})_{\text{мгн}}^{\text{стац}}$ – стационарный показатель мгновенной готовности образцов АТ, отражающий вероятность того, что образец АТ окажется работоспособным в произвольно выбранный момент времени в установившемся процессе эксплуатации, математической моделью которого является стационарный случайный процесс;

$P(t_{\text{исп}})$ – вероятность безотказной работы образца АТ при использовании по назначению в течении времени $t_{\text{исп}}$;

$(\bar{\Pi}_{\text{гот}})_{\text{мгн}}^{\text{стац}}$ – средний показатель мгновенной готовности образцов АТ в стандартных условиях;

$\Pi_{\text{хр}}$ – комплексный показатель, отражающий влияние условий хранения на показатели безотказности.



Рисунок 2 – Комплекс показателей оценки безотказности образцов АТ

В рамках решения третьей задачи исследований разработана методика расчета затрат на обеспечение безотказности образцов автомобильного транспорта, основная идея, особенность которой заключается в разделении эксплуатационных затрат на две основные группы:

$$Z_{\text{экс}} = Z_{\text{б/от}} + Z_{\text{пр}}, \quad (8)$$

где $Z_{\text{экс}}$ – годовые затраты на эксплуатацию образцов АТ, руб.;

$Z_{\text{б/от}}$ - группа затрат, связанных с обеспечением показателей безотказности образцов АТ, руб.;

$Z_{\text{пр}}$ - группа затрат, не связанных с обеспечением показателей безотказности образцов АТ, руб.

Основное внимание в методике уделено первой группе затрат, которая включает затраты на техническое обслуживание, ремонт и кратковременное хранение. Затраты на техническое обслуживание и ремонт определяются нормативным методом в зависимости от годового пробега автомобилей. Затраты на хранение включают затраты, связанные с постановкой и снятием с хранения, капитальные затраты на хранилища и укрытия, затраты на содержание хранилищ и укрытий.

В третьей главе «Обобщение результатов экспериментальных исследований по определению показателей безотказности образцов автомобильного транспорта сельского хозяйства» решена четвертая задача исследований, заключающаяся в обобщении результатов экспериментов по оценке влияния на показатели безотказности срока службы и условий хранения образцов АТ.

Обобщение результатов экспериментальных исследований по определению показателей безотказности образцов автомобильного транспорта проводилось в два этапа.

На первом этапе определялись исходные данные для определения показателей безотказности в стандартных условиях. Цель состояла в получении достоверных исходных данных для расчета показателей безотказности:

- средняя наработка на отказ;
- средняя продолжительность устранения отказа;
- удельная трудоемкость текущего ремонта.

Для оценки этих величин использовался интервальный метод оценки, основными параметрами которого являются доверительная вероятность и доверительный интервал.

Математическое ожидание и среднее квадратическое отклонение определяется по известной формуле:

$$m_{T_O, T_B} = \frac{1}{N_{обр}} \cdot \sum_{i=1}^{N_{обр}} (T_O)_i, (T_B)_i, \quad (9)$$

где m_{T_O, T_B} – математическое ожидание величин соответственно наработки на отказ и удельной трудоемкости устранения отказов;

σ – среднее квадратическое отклонение;

$(T_O)_i$ – средняя наработка на отказ i -го образца АТ, км.;

$(T_B)_i$ – удельная трудоемкость устранения отказов i -го образца АТ, чел.ч.;

$N_{обр}$ – количество образцов АТ, подвергшихся испытаниям.

Доверительный интервал определялся следующим образом:

$$m_{T_O, T_B} - t_1(P; N_{обр} - 1) \cdot \frac{S}{\sqrt{N_{обр}}} < m_{T_O, T_B} < m_{T_O, T_B} + t_1(P; N_{обр} - 1) \cdot \frac{S}{\sqrt{N_{обр}}}, \quad (10)$$

где $t_1(P; N_{обр} - 1)$ – коэффициент Стьюдента.

На втором этапе экспериментальные исследования проводились с целью построения регрессионной модели определения условного срока сохраняемости образцов АТ.

Регрессионная модель позволила определить следующие основные факторы окружающей среды, оказывающих наибольшее влияние на показатели безотказности:

- среднегодовое количество осадков;
- суммарная среднегодовая солнечная радиация;
- среднегодовое число переходов через $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- время высыхания фазовой пленки влаги.

Гипотеза об адекватности модели полученным данным не отвергалась с вероятностью $p = 0,95$, что позволило использовать ее для прогнозирования показателя безотказности.

В четвертой главе «Определение зависимостей показателей безотказности и формирование нормативов безотказности представительных образцов автомобильного транспорта сельского хозяйства» решены пятая и шестая задачи исследований, состоящие соответственно в выявлении зависимостей показателей

безотказности от срока службы и формировании на их основе нормативных значений показателей безотказности представительных образцов АТ.

Зависимости, полученные в рамках решения пятой задачи исследований, разделены на две основные группы. Первая группа объединяет зависимости показателей безотказности образцов автомобильного транспорта в стандартных условиях хранения. Основными зависимостями, учитывающими наработку на отказ и продолжительность восстановления, являются зависимости показателей безотказности представительных образцов АТ от срока службы (рисунок 3).

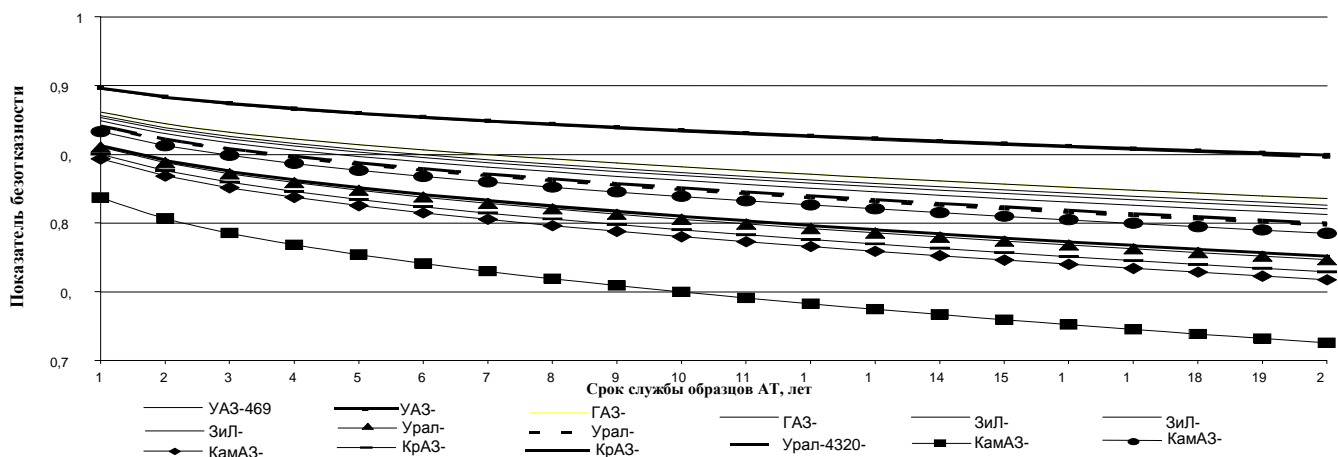


Рисунок 3 – Зависимость показателя безотказности представительных образцов АТ от срока службы.

На основе обобщения зависимостей, приведенных на рисунке 3, на рисунке 4 приведена зависимость средней величины (математическое ожидание) показателя безотказности от срока службы с доверительными границами.

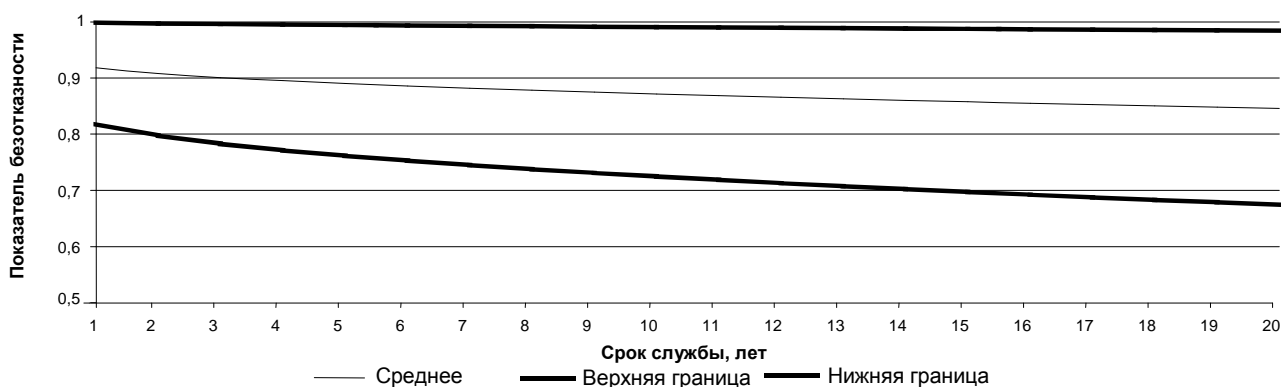


Рисунок 4 – Зависимость средней величины показателя безотказности от срока службы.

Из рисунка 4 видно, что ширина доверительного интервала является достаточно небольшой. Коэффициент вариации не превышает 15%. Приведенная зависимость может быть заменена прямой линией, что говорит о прямой связи показателя готовности и срока службы образцов АТ. Уравнение для описания этой зависимости выглядит следующим образом:

$$(P_{б/ом})_i = 0,918 - 0,0036 \cdot \tau_i, \quad (11)$$

где $(P_{б/ом})_i$ - показатель безотказности образцов АТ i -го срока службы;

τ_i – срок службы образцов образца АТ.

Вторая группа включает зависимости, отражающие влияние на показатель безотказности климатических условий хранения. В первую очередь, эта зависимость, отражающая чувствительность показателя безотказности к основным климатическим факторам, влияющим на условия хранения образцов АТ (рисунок 5). Была исследована чувствительность показателя готовности к трем основным факторам:

- среднегодовое число переходов температуры через 0°C;
- суммарная среднегодовая солнечная радиация;
- среднегодовое количество осадков.

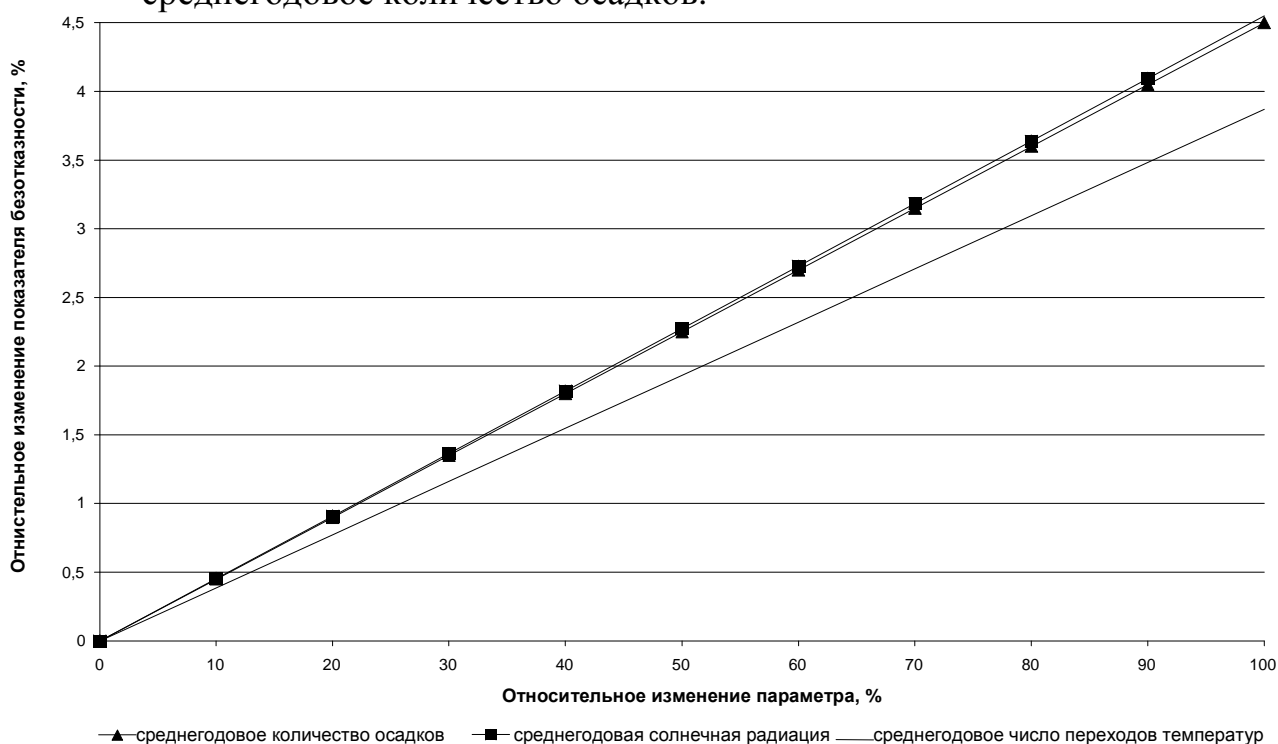


Рисунок 5 – Зависимость изменения показателя безотказности от относительного изменения основных факторов.

Из графиков рисунка 5 видно, что эластичность показателя безотказности по среднему количеству осадков и среднегодовой солнечной радиации составляет 0,05. Несколько меньше уровень эластичности показателя безотказности по числу переходов температуры через 0°C – 0,04.

В свою очередь, чувствительность показателя безотказности к продолжительности кратковременного хранения представлена в качестве зависимостей снижения показателя безотказности от срока кратковременного безгаражного хранения в различных климатических условиях. Данные зависимости приведены на рисунке 6.

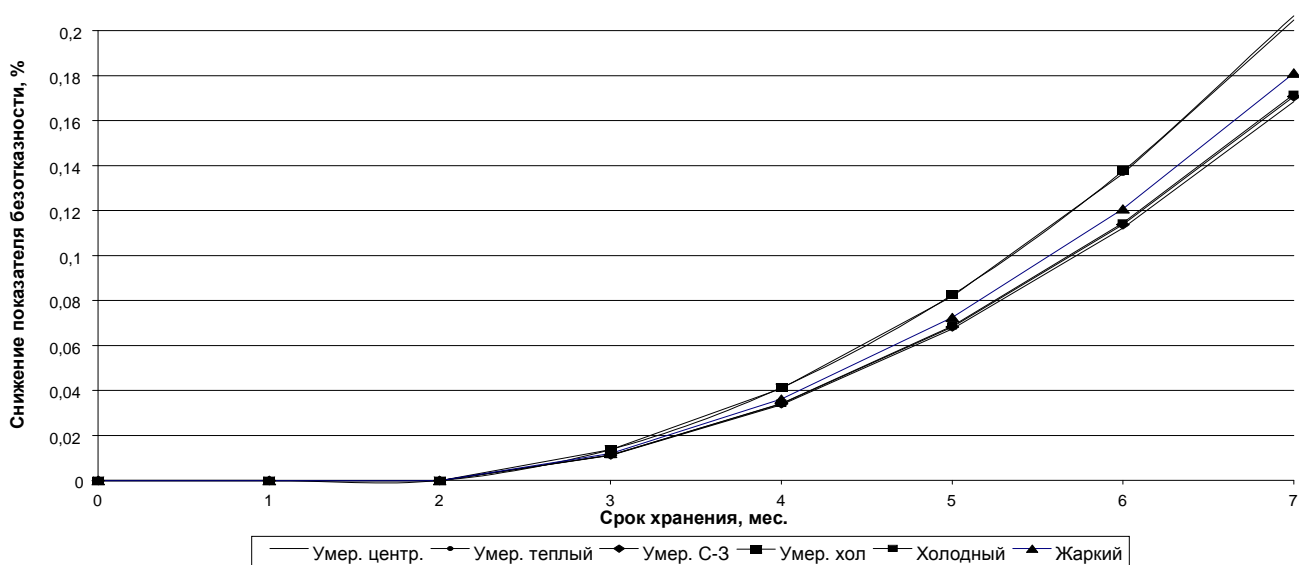


Рисунок 6 - Зависимость снижения показателя безотказности от срока кратковременного хранения

Как видно из рисунка 6, показатель безотказности образцов АТ во всех без исключения климатических районах характеризуется высокой чувствительностью к сроку хранения, начиная с 2 месяцев. После этого срока зависимость снижения показателя безотказности имеет вид степенной функции с постоянно возрастающим темпом снижения. Через 6 месяцев безгаражного хранения снижение показателя безотказности достигает от 11,2 до 13,8 %.

На основе анализа полученных зависимостей в рамках шестой задачи исследований разработаны нормативные значения показателей безотказности образцов АТ. Нормативные значения стационарного показателя оперативной безотказности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормативные значения стационарного показателя оперативной безотказности

Климатический район	Категория условий эксплуатации				
	1	2	3	4	5
Умеренный центральный	0,8-0,92	0,8-0,92	0,79-0,91	0,78-0,9	0,78-0,89
Умеренный теплый	0,73-0,84	0,73-0,84	0,72-0,83	0,71-0,82	0,71-0,82
Умеренный северо-западный	0,7-0,81	0,7-0,81	0,7-0,8	0,71-0,79	0,68-0,79
Умеренный холодный	0,74-0,85	0,74-0,85	0,73-0,84	0,72-0,83	0,71-0,82
Холодный	0,7-0,81	0,7-0,81	0,7-0,8	0,69-0,79	0,68-0,79
Жаркий	0,71-0,82	0,71-0,82	0,7-0,81	0,7-0,8	0,69-0,79

Значения нормативных показателей в таблице 1 приведены в интервальном виде. Верхняя граница соответствует показателям новых автомобилей, поставляемых в парк сельскохозяйственного предприятия. Нижняя граница определяет значения показателей, при достижении которых автомобили необходимо выводить из состава парка АТ. Нормативные значения определены также для частных показателей оценки безотказности (наработки на отказ, средней продолжительности устранения отказов и удельной трудоемкости ремонта).

В пятой главе «Разработка и технико-экономическая оценка практических рекомендаций по повышению уровня безотказности автомобильного транспорта сельского хозяйства» решена седьмая задача, заключающаяся в разработке конкретных практических рекомендаций. В результате получены следующие новые результаты:

1. Определен и оценен с технико-экономических позиций практический эффект от повышения точности прогнозирования показателей безотказности за счет учета климатических факторов и условий хранения, а также уточнения наработки на отказ и трудоемкости текущего ремонта, позволяет в полном объеме спланировать основные силы и средства технического обслуживания и ремонта образцов АТ. Так, повышение точности позволяет увеличить показатель безотказности в зависимости от срока службы и климатического района на 11% при нулевом сроке службы и на 7 -18 % при 20-ти летнем сроке службы. В свою очередь, экономический эффект в зависимости от среднего срока службы автомобилей в парке составляет от 0,4 % до 7%, что существенно.

Следовательно, повышение точности оценки стационарного показателя оперативной безотказности позволяет получить существенный технический и экономический эффекты.

2. На основе технико-экономической оценки обоснованы рациональные способы хранения автомобильной техники:

- мобильные хранилища наиболее целесообразны в умеренном центральном, умеренном холодном и холодном климатических районах;
- открытая площадка обладает наиболее высокими технико-экономическими показателями в умеренном теплом и жарком климатических районах;
- неотапливаемые хранилища имеют определенный смысл использовать в умеренном холодном районе;
- отапливаемые хранилища характеризуются наихудшими технико-экономическими показателями при использовании автомобильной техники и не могут составить конкуренции ни в одном климатическом районе.

3. Определены перспективные методы и средства хранения автомобильной техники:

- нанесение защитных пленок рабоче-консервационных масел и консервационных смазок;
- нанесение ингибированных полимерных покрытий (защитные покрытия);
- статическое осушения воздуха в герметизированном объемах;
- комбинированные методы - применение на одном изделии сочетаний указанных выше средств и методов.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате исследований, проведенных в настоящей работе, решена актуальная научная задача, заключающаяся в разработке метода, основных положений методики и зависимостей показателей безотказности образцов АТ, используемых в сельском хозяйстве, на основе учета влияния срока службы и условий хранения.

2. Разработан метод технико-экономической оценки безотказности образцов автомобильного транспорта, используемых в сельском хозяйстве, который, с одной стороны, на основе теории вероятности устанавливает связь показателей готовности с показателем качества, а с другой стороны – на основе методов теории принятия решений позволяет сформировать область рациональных значений показателей безотказности и эксплуатационных затрат. Объединение данных показателей осуществлено на основе определения длины вектора в координатах «показатель безотказности» - «эксплуатационные затраты».

3. Разработаны методические аспекты прогнозирования безотказности образцов АТ, объединившие:

- метод оценки безотказности, который позволил учесть при определении показателя безотказности срок службы образцов АТ и условия их хранения и сформировать комплекс показателей оценки;

- основные положения прогнозирования комплекса показателей безотказности образцов АТ в стандартных условиях хранения, базирующиеся на методах теории вероятностей;

- основные положения прогнозирования показателей безотказности образцов автомобильной техники при воздействии климатических факторов.

4. Разработаны основные положения методики расчета затрат на обеспечение безотказности образцов автомобильного транспорта, основная идея и особенность которой заключается в разделении эксплуатационных затрат на две основные группы. Первая группа затрат связана с обеспечением показателей безотказности, а следовательно характеризуется чувствительностью к их изменению. Вторая группа затрат, напротив, не обладает чувствительностью к изменению показателей безотказности. Основное внимание в методике уделено первой группе затрат.

5. Обобщены результаты экспериментальных исследований по определению показателей безотказности образцов АТ.

В частности определены показатели безотказности при доверительной вероятности 80% со следующей точностью:

- средняя наработка на отказ 74-88%;
- средняя продолжительность устранения отказа - 10-22%;
- удельная трудоемкость текущего ремонта – 78-88%;

Кроме этого, в результате экспериментальных исследований разработана регрессионная модель определения условного срока сохраняемости образцов АТ. Регрессионная модель позволила определить пять основных факторов окружающей среды, оказывающих наибольшее влияние на показатели безотказности (среднегодовое количество осадков, суммарную среднегодовую солнечную радиацию, среднегодовое число переходов через 0 °С и среднегодовую концентрацию в воздухе сернистого ангидрида).

Гипотеза об адекватности модели полученным данным не отвергалась с вероятностью $p = 0,95$, что позволило использовать ее для прогнозирования показателя безотказности.

6. Определены основные зависимости показателей безотказности от срока службы образцов АТ.

Зависимости разделены на две основные группы. Первая группа объединяет зависимости показателей безотказности образцов автомобильного транспорта в стандартных условиях хранения. Эти зависимости характеризуются сильной связью (коэффициент корреляции составляет 0,85-0,90).

Вторая группа зависимостей учитывает влияние климатических факторов на показатели безотказности образцов автомобильного транспорта. Показатель безотказности характеризуется максимальной чувствительностью к среднему количеству осадков и среднегодовой солнечной радиации и составляет 0,05. Несколько меньше уровень эластичности показателя безотказности по числу переходов температуры через 0°C – 0,04. Чувствительностью показателя безотказности к среднегодовой концентрации в воздухе сернистого ангидрида в большинстве случаев можно пренебречь.

7. Разработаны нормативы безотказности образцов АТ в зависимости от сроков службы и условий хранения:

- стационарный показатель оперативной безотказности изменяется в пределах от 0,69 для жаркого климатического района и срока службы 20 лет до 0,89 для умеренного центрального климатического района и срока службы 1 год;

- наработка на отказ изменяется от 1,32 тыс. км для холодного климатического района и срока службы 20 лет до 13,65 тыс. км для умеренно теплого климатического района и срока службы 1 год;

- средняя продолжительность устранения отказа изменяется от 0,34 чел.ч. для автомобиля снаряженной массой 1т до 18,78 чел.ч. для автомобиля снаряженной массой 20 т.;

- удельная трудоемкость текущего ремонта изменяется от 2,25 чел.ч на 1000 км, для автомобиля снаряженной массой 1т до 30 чел.ч. для автомобиля снаряженной массой 20 т.

8. На основе технико-экономической оценки обоснованы рациональные способы хранения автомобильной техники:

- мобильные хранилища наиболее целесообразны в умеренном центральном, умеренном холодном и холодном климатических районах (показатель технико-экономической эффективности составляет 0,69-0,76);

- открытая площадка обладает наиболее высокими технико-экономическими показателями в умеренном теплом и жарком климатических районах (показатель технико-экономической эффективности составляет 0,69-0,78);

- неотапливаемые хранилища имеет определенный смысл использовать в умеренном холодном климатическом районе (показатель технико-экономической эффективности составляет 0,69-0,65);

- отапливаемые хранилища характеризуются наихудшими технико-экономическими показателями при использовании автомобильной техники и не могут составить конкуренции ни в одном климатическом районе (показатель технико-экономической эффективности составляет 0,102-0,49).

Основные положения диссертации опубликованы
в следующих работах изданий перечня ВАК РФ

1. И.Д. Бала Технико-экономическое обоснование рациональных способов хранения автомобильного транспорта сельского хозяйства [Текст] / И.Д. Бала, Ю.В. Дзюба // Ремонт, восстановление, модернизация. -2012.- №3.- С.39-42.
2. И.Д. Бала Метод расчета затрат на обеспечение безотказности образцов автомобильного транспорта в сельском хозяйстве [Текст] / И.Д. Бала, Ю.В. Дзюба // Международный технико-экономический журнал.-2012-№1-С.82-84.
3. И.Д. Бала Метод технико-экономической оценки безотказности образцов автомобильного транспорта сельского хозяйства [Текст] / И.Д. Бала // Международный научный журнал -2012-№2-С.104-107
4. И.Д. Бала Зависимости показателей безотказности от срока службы образцов автомобильного транспорта сельского хозяйства [Текст] / И.Д. Бала, Ю.В. Дзюба // Вестник МГАУ им. В.П. Горячкина-2011- №2-С.86-88.
5. И.Д. Бала Регрессионной модели воздействия климатических факторов на показатели безотказности образцов автомобильного транспорта сельского хозяйства. // Интернет-журнал «Науковедение». 2013 №1 (14) [Электронный ресурс].- М.2013. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/50tvn113.pdf>
6. И.Д. Бала Точное прогнозирование автомобильного транспорта. [Текст] / И.Д. Бала // Сельский механизатор -2013- №3-С.36-37