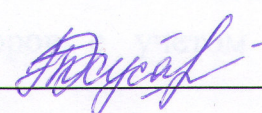


ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет»
Институт механизации и технического сервиса
Кафедра «Эксплуатация и ремонт машин»
Направление подготовки – 35.04.06 Агроинженерия
Магистерская программа – Технический сервис в сельском хозяйстве

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Магистерская диссертация)

**ТЕМА: ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО
ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ИХ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ХОЗЯЙСТВ ЛАИШЕВСКОГО РАЙОНА
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН**

Студент магистратуры _____  Хусаинова Т.А.

Научный руководитель,
д. т. н., профессор _____  Галиев И.Г.

Рецензент
к.т.н., доцент _____  Дмитриев А.В.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
Протокол № 19 от 13 июня 2018 г.

Заведующий кафедрой
эксплуатации и ремонта машин
д. т. н., профессор _____  Адигамов Н.Р.

Казань-2018

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа состоит из текстовых документов на 93 листах машинописного текста.

Структура и объем работы. Магистерская диссертация состоит из введения, трех разделов, заключения, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 87 страницах машинописного текста, содержит 12 таблиц, 9 рисунков, список использованной литературы из 70 наименований.

Во введении обосновывается актуальность выбранной темы, ее новизна, теоретическая и практическая значимость, формулируются объект, предмет, метод и методология исследования, дается краткая характеристика работы, а также излагаются основные положения, выносимые на защиту. В разделе приводятся и обосновываются цель и задачи исследования.

Первый раздел содержит обзор и анализ состояния, используемый техники в сельском хозяйстве.

Второй раздел посвящен теоретическим исследованиям по повышению эффективности эксплуатации тракторов с учетом уровня технического обслуживания

В третьем разделе приведена программа экспериментальных исследований для установления закономерностей влияния уровня технического обслуживания на эксплуатационные показатели трактора и показатели их надежности; результаты определения уровня технического обслуживания тракторов в хозяйствах, а также представлены рекомендации производству и экономическая эффективность результатов исследований.

В приложении приведены показатели эксплуатации и надежности тракторов по хозяйствам, классификация факторов и их возможные состояния, таблицы.

ABSTRACT

Graduation qualification work consists of text documents on 93 sheets of typewritten text.

Structure and amount of work. The master's thesis consists of an introduction, three sections, conclusion, a list of used literature and applications. The work is presented in 87 pages of typewritten text, contains 12 tables, 9 pictures, a list of references from 70 titles.

In the introduction, the relevance of the selected topic is substantiated, its novelty, theoretical and practical significance, the object, the subject, the method and methodology of the study are formulated, a brief description of the work is given, and the main provisions to be defended are presented. The purpose and objectives of the research are presented and justified in the section.

The first section contains a review and analysis of the state of the machinery used in agriculture.

The second section is devoted to theoretical studies on increasing the efficiency of operation of tractors, taking into account the level of maintenance.

In the third section, a program of experimental studies is presented to establish the patterns of the influence of the maintenance level on the tractor performance indicators and their reliability indicators; results of determining the level of maintenance of tractors in farms, as well as recommendations for production and cost-effectiveness of research results.

The appendix shows the indicators of operation and reliability of tractors on farms, the classification of factors and their possible states, tables.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 6 |
| 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ..... | 10 |
| 1.1 Состояние использования техники в аграрном производстве..... | 10 |
| 1.2 Влияние условий функционирования на использование тракторов в сельскохозяйственном производстве..... | 13 |
| 1.2.1 Методы определения состояния эксплуатации тракторов..... | 17 |
| 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ..... | 28 |
| 2.1. Общий подход к решению задач..... | 28 |
| 2.2 Анализ качества технического обслуживания техники в аграрном производстве..... | 29 |
| 2.2.1 Обоснование перечня факторов, характеризующих качества технического обслуживания тракторов..... | 34 |
| 2.2.2 Методика определения весомости факторов и уровня технического обслуживания тракторов..... | 37 |
| 2.2.3 Обоснование мероприятий по повышению уровня технического обслуживания тракторов..... | 40 |
| 2.3 Обоснование вида зависимостей влияния качества технического обслуживания тракторов на эксплуатационные показатели и методика их определения..... | 42 |
| 2.3.1 Методика оптимизации вида зависимостей влияния уровня технического обслуживания тракторов на технико-экономические и эксплуатационные показатели..... | 45 |
| 3 МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ..... | 48 |
| 3.1. Программа экспериментальных исследований..... | 48 |
| 3.2. Обоснование выбора объектов наблюдений..... | 50 |
| 3.3. Методика сбора и обработки информации..... | 52 |

| | |
|--|----|
| 3.3.1 Методика сбора информации..... | 52 |
| 3.3.2 Определение наработки на отказ агрегата трактора | 55 |
| 3.4 Погрешность оценки уровня технического обслуживания техники..... | 57 |
| 3.5 Проверка адекватности расчетных показателей эксплуатации трак- торов фактическим значениям..... | 58 |
| 3.6 Результаты оценки качества технического обслуживания и опреде- ления показателей надежности тракторов в сельскохозяйственных предприятиях..... | 58 |
| 3.7 Результаты определения уровня технического обслуживания трак- торов в сельскохозяйственных предприятиях..... | 59 |
| 3.8 Погрешность оценки уровня технического обслуживания тракторов..... | 62 |
| 3.9 Зависимости показателей надежности и эксплуатационных показате- лей тракторов от уровня их технического обслуживания..... | 63 |
| 3.10 Проверка адекватности расчетных показателей эксплуатации трак- торов фактическим..... | 71 |
| 3.11 Рекомендации по определению уровня технического обслуживания тракторов..... | 72 |
| 3.12 Определение последовательности повышения уровней факторов качества технического обслуживания тракторов..... | 73 |
| 3.13 Экономический эффект от внедрения мероприятий по повышению эффективности технического обслуживания тракторов..... | 74 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 77 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ..... | 79 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 87 |

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития сельского хозяйства в условиях формирования рыночных отношений обостряется проблема эффективности эксплуатации техники.

Основными задачами, стоящими перед исследователями в области эксплуатации тракторов, является обеспечение значительного повышения качества работы, увеличение производительности тракторных агрегатов, снижение затрат на единицу произведенной продукции.

Актуальность темы. Природно-климатические условия, сезонность при выполнении механизированных работ, значительная стоимость машинно-тракторного агрегата, дефицит механизаторских кадров, снижение технической оснащенности и постепенное увеличение объемов производства продукции агропромышленного комплекса (АПК) предъявляют особые требования к эффективности эксплуатации тракторов.

При улучшении технических характеристик тракторов тенденция снижения эффективности их эксплуатации сохраняется, поскольку для производства отсутствуют разработанные мероприятия по реализации потенциальных возможностей техники с учетом условий ее функционирования.

В связи с этим, актуальными становятся исследования, направленные не только на техническое перевооружение хозяйств, но и на повышение эффективности эксплуатации тракторов с учетом этих условий, позволяющие выявить и использовать резервы сбережения трудовых и материальных ресурсов для обеспечения работоспособности тракторов, которые представляют большой теоретический и практический интерес.

Степень разработанности. Исследователями недостаточно изучен вопрос по разработке эффективных эксплуатационных мер, направленных на реализацию потенциальных возможностей техники, выявлению и использованию резервов сбережения трудовых и материальных ресурсов для обеспе-

чения работоспособности тракторов, позволяющих в значительной мере снизить уровень затрат на содержание машинно-тракторного парка. Также применение существующей системы поддержания техники в работоспособном состоянии не обеспечивает выполнение операций по возделыванию сельскохозяйственных культур в агротехнические сроки из-за отсутствия методов определения оптимальных значений доремонтных, межремонтных наработок и наработки до списания тракторов с учетом условий их функционирования.

Объект исследования. Трактора сельскохозяйственного назначения в различных условиях функционирования.

Предмет исследований. Закономерности влияния качества технического обслуживания тракторов на их технико-экономические, эксплуатационные показатели и показатели надежности.

Методология и методика исследования. При выполнении магистерской работы использовались следующие методы: экспериментальное исследование, математическое моделирование, частный метод оценки уровня технического обслуживания тракторов с последующими экспериментальными исследованиями, которые были выполнены на основе планирования многофакторных экспериментов и регрессионного анализа опытных данных с использованием разработанных программ на ЭВМ.

Научная новизна:

1. Разработать метод оценки качества технического обслуживания тракторов, определяемый уровнем их технического обслуживания в аграрном производстве.
2. Установить закономерности влияния уровня технического обслуживания тракторов на показатели их надежности и эксплуатационные показатели.
3. Разработать мероприятия по повышению эффективности уровня технического обслуживания тракторов и рассчитать экономический эффект от их внедрения.

Теоретическая значимость:

- установлены закономерности влияния уровня технического обслуживания тракторов на показатели их надежности и эксплуатационные показатели.

Практическая значимость работы:

- предложен метод оценки качества технического обслуживания тракторов, определяемый уровнем их технического обслуживания тракторов;

Публикации. Основное содержание научной работы нашло свое отражение в 5 статьях, в том числе 1 – входящих в перечень рецензируемых изданий ВАК (находится в печати). Подано 2 свидетельства на государственную регистрацию программы для ЭВМ (в рассмотрении).

Апробация работы.

Основные результаты магистерской диссертации обсуждены и одобрены на ежегодных научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и сотрудников ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» в 2016-2018 гг.

Цель и задачи исследования

Проведенный анализ исследований показал:

-техничко-экономические и эксплуатационные показатели тракторов зависят от качества технического обслуживания, численным выражением которых является уровень эксплуатации. Однако, количественно эта зависимость исследована недостаточно;

- при оценке уровня технического обслуживания тракторов, важное значение, имеет определение перечня и весомости факторов, в зависимости от агроклиматических особенностей зоны. Однако, при определении перечня факторов, следует учесть не только технические, но и организационные условия, а при определении их весомостей – производственные и природно - климатические;

-уровень технического обслуживания оказывает влияние на сроки ремонтов и службы техники, однако, в существующих методиках при определении этих величин не учитываются условия функционирования тракторов.

В связи с этим, целью исследовательской работы является повышение эффективности эксплуатации тракторов с учетом условий их функционирования.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1) разработать метод оценки качества технического обслуживания тракторов, определяемый уровнем их технического обслуживания в аграрном производстве;

2) установить закономерности влияния уровня технического обслуживания тракторов на показатели их надежности, технико-экономические и эксплуатационные показатели;

3) разработать мероприятия по повышению уровня технического обслуживания тракторов, и рассчитать экономический эффект от их внедрения.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Состояние использования техники в аграрном производстве

Значение тракторного парка в хозяйственной деятельности аграрных предприятий трудно переоценить, поскольку с использованием тракторов выполняются почти все трудоемкие процессы в аграрном производстве, связанные с технологией возделывания сельскохозяйственных культур (вспашка, посев, уход за посевами, в значительной мере сбор урожая и др.).

Уровень технической и технологической оснащенности во многом предопределяет объемы и эффективность сельскохозяйственного производства.

По данным Российской ассоциации производителей сельхозтехники, в 2013 году общий объем рынка сельскохозяйственных тракторов в России составил 44 216 ед., что на 11,1% меньше, чем в 2012 году [11, 13].

Устойчивая тенденция снижения прироста парка тракторов и комбайнов (2012 г.- 26,5 тыс. шт., 2013 г.-20,5 тыс. шт.) свидетельствует о том, что значительный объем поставок идет на замену выбывающих машин, ремонт которых оказывается экономически нецелесообразным, и только небольшая часть поставок направляется на расширение парка. Имеющаяся в распоряжении сельскохозяйственных предприятий России техника, 80% от общего ее количества, морально устарела и находится за пределами сроков физической амортизации, что препятствует проведению сезонных полевых работ в оптимальные агротехнические сроки.

Анализ структуры рынка сельскохозяйственных тракторов в Российской Федерации (РФ) (рисунок 1.1) показывает существенное снижение отгрузки тракторов сельхозмашиностроителями, располагающимися на территории России: общий объем отгрузки по итогам 2013 года составил 5792 ед., что на 39% меньше уровня 2012 года. В 2013 году импорт в России занимал 86,9% рынка сельскохозяйственных тракторов, что на 6% больше по сравнению с 2012 годом.

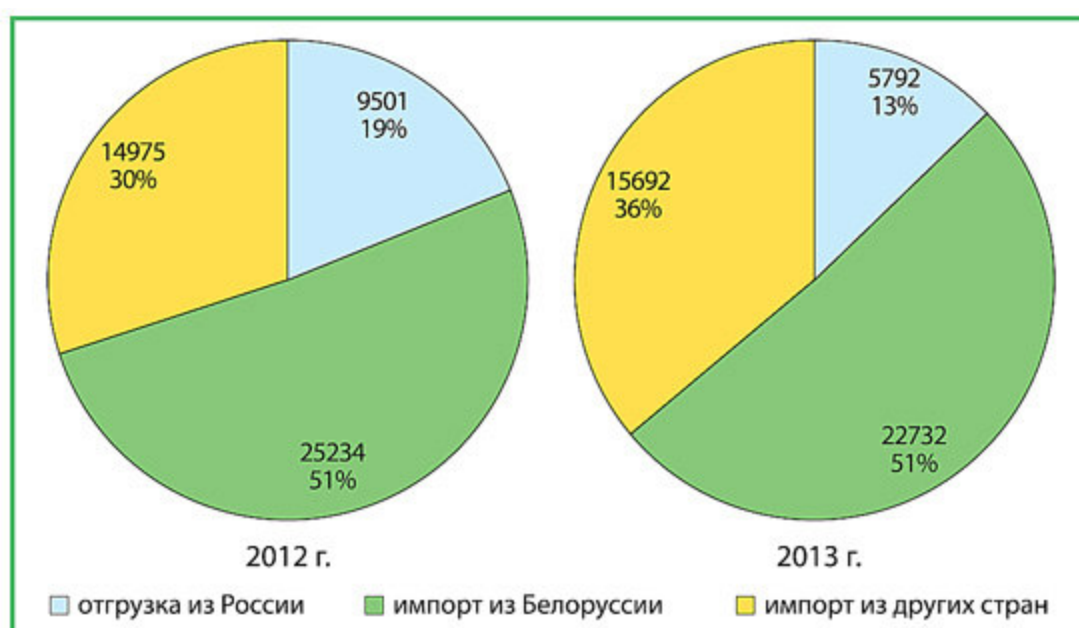


Рисунок 1.1 - Структура рынка сельскохозяйственных тракторов в РФ

Рассматривая мощностную структуру тракторов российского рынка, можно отметить, что российское производство в 2013 году представлено во всех мощностных разрядах. Наиболее покупаемые тракторы (62-73%) имеют мощность двигателя в диапазоне 50-100 л.с.

Коэффициент выбытия значительно опережает коэффициент обновления сельскохозяйственной техники. Например, по тракторам коэффициент выбытия последние пять лет колебался в пределах 5,1-5,8, коэффициент обновления - 2,0-3,4.

Сокращение парка сельскохозяйственной техники привело к резкому росту нагрузки на нее. Таким образом, на один трактор она возросла со 135 га пашни в 2000 году до 274 га в 2013 году, то есть в 2 раза [11,32].

Низкая эффективность эксплуатации тракторов и дальнейшее ее снижение отражается и на годовой наработке. Во время ремонта техники затраты на покупку запасных частей составляют 50...70 % от стоимости всего ремонта. При этом себестоимость восстановления изношенных деталей, пригодных к ремонту, составляет не более 30...50 % от цены новых. Поэтому цена отремонтированных машин, где были использованы восстановленные детали, будет менее цены новых машин на 30...40 %, при аналогичном ресурсе работы.

На современном этапе в системе технического обеспечения отрасли земледелия можно выделить следующие основные проблемы:

- низкая энергооснащенность сельскохозяйственных предприятий, вследствие высокого процента износа энергетических средств и оборудования, а также невысоких темпов обновления;
- недостаточная обеспеченность квалифицированными инженерно-техническими работниками и механизаторскими кадрами;
- большая разномарочность машинно-тракторного парка, обусловленная отсутствием единой научно-обоснованной методики его комплектования и обновления;
- недостаточная обеспеченность энергетических средств соответствующим шлейфом сельскохозяйственных машин;
- отсутствие ремонтных предприятий регионального уровня, обеспечивающих высококачественный капитальный ремонт сложной сельскохозяйственной техники;

- слабая организация сервисного обслуживания сельскохозяйственной техники и отсутствие эффективной логистики снабжения запасными частями, обеспечивающими высокую техническую готовность машинно-тракторного парка;
- недостаточно эффективная эксплуатация имеющейся высокопроизводительной техники вследствие неправильной организации производственных процессов и низкой производственной дисциплины;
- высокие затраты на поддержание парка машин в работоспособном состоянии, обусловленные значительной долей техники, работающей за пределами амортизационных сроков службы.

В целом, на сегодняшний день, существующий машинно-тракторный парк позволяет работать, в основном, по базовым и минимальным агротехнологиям. При этом не в полной мере обеспечиваются требования к качеству и агротехническим срокам выполнения технологических операций. Недостаточная обеспеченность основными техническими средствами и высокая нагрузка на единицу техники часто приводит к необоснованному упрощению агротехнологий.

Анализируя состояние эксплуатации техники в предприятиях аграрного производства видно что, тракторы, сельскохозяйственные машины в хозяйствах эксплуатируются на несоответствующем уровне, что приводит их к снижению эффективности эксплуатации.

1.2 Влияние условий функционирования на использование тракторов в сельскохозяйственном производстве

Эффективность эксплуатации сельхозмашин значительно зависит от условий ее функционирования. Условия функционирования – это ком-

плекс факторов, оказывающих влияние на выполнение техникой механизированных сельскохозяйственных работ.

Многие исследования посвящены решению вопроса влияния природно-климатических и производственных условий на состояние техники [9, 17, 41, 47].

Большие потери в сельском хозяйстве обусловлены тем, что сельскохозяйственная техника функционирует в агрессивной среде. Среди всех отраслей, согласно статистике, самые большие потери вследствие коррозии оборудования несут топливно-энергетический комплекс, агропромышленный комплекс, химическая и нефтехимическая промышленность. Например, потери металла от коррозии, следующие: в топливно-энергетическом комплексе - 30%, в химической и нефтехимической промышленности - 20 %, в агропромышленном комплексе - 15%, металлообрабатывающей промышленности - 5 %. Коррозия оборудования является причиной ежегодных многомиллиардных убытков, и решение этой проблемы является одной из важных задач.

Значительный ущерб сельхозмашинам причиняется влажностью воздуха, обилием осадков, вызывающих коррозию деталей выполненных из металла. При появлении невидимого слоя влаги на поверхности металла начинает возникать коррозия. Критическая величина влажности для железа и стали колеблется от 63 до 65%, при этом относительная влажность находится в значительных пределах. Средняя влажность составляет 62,4% в районах средней Азии и 79,9% в Европейской части страны. Так же известно, что при хранении сельскохозяйственных машин на открытых площадках, скорость распространения коррозии деталей из малоуглеродистых сталей – более 200 г/м^3 в год, при хранении в закрытых помещениях – до 100 г/м^3 в год [33, 48, 59].

Другим важным примером коррозионно-активных сред в сельском хозяйстве являются удобрения, ядохимикаты, сок растений, отходы животноводства, растениеводства и др. [41].

Существуют специфические виды коррозий, не связанные с потерей металла. Так, незначительные точечные поражения, которые возникают на плунжерных парах, топливных насосов, после года их эксплуатации, приводят к потере мощности двигателя примерно на 20%, при этом расход масла увеличивается на 50..80% и сокращаются сроки службы двигателей почти в два раза [47].

У конструкций сельскохозяйственных машин, которые имеют коррозионные разрушения, снижается усталостная прочность на 30...40%, что приводит к появлению трещин и разрывов в металле. Износостойкость поверхностей сопряжения снижается в 1,5...2 раза коррозионными повреждениями [33].

Работы многих ученых посвящены изучению влияния рельефа местности, изрезанности полей, наличия склонов и препятствий и влияние их на показатели эксплуатации тракторов [36, 37].

Поломка узлов, повышенный износ, в основном, происходит из-за непостоянных, т.е. динамических нагрузок, перегрузок на крутых склонах, увеличенных нагрузках на ходовую часть трактора. Повышение коэффициента изрезанности от 0,89 до 0,99, приводит к росту себестоимости сельскохозяйственных работ на 8%, а при повышении среднего угла от 10^0 до 20^0 расход масла увеличивается на 12 %, производительность снижается на 23%/ [30].

Многие работы посвящены изучению воздействия запыленности воздуха на мощностные характеристики тракторов [2, 16]. Вид (связанность) почвы, влажность воздуха, скорость ветра играют огромную роль в запыленности воздуха.

Имеется тенденция уменьшения загрязнения воздуха пылью по мере повышения удельной доли чернозема в обрабатываемой почве [18].

При повышении запыленности воздуха от $0,08 \text{ г/м}^3$ до $0,25 \text{ г/м}^3$, мощность двигателя внутреннего сгорания снижается от 5,7 до 13,8% , при этом увеличивается расход топлива от 6,6 до 14,1%.

Такие факторы как, тип почвы, ее структурность и связанность влияют на загруженность двигателя трактора. Нагрузка на двигатели тракторов при вспашке на глинистых почвах выше в два раза, чем на суглинистых. При влажности почвы, равной 21 %, почва считается нормальной. При значении влажности почвы 12 %, сопротивление рабочих органов сельскохозяйственных машин повышается на 25% и при увеличении влажности почвы до 26% - возрастает на 13% [36].

В исследованиях многих ученых, проанализированы влияние организации работ техники на показатели их эксплуатации [3, 6]. Увеличение скорости движения сельхозмашины от 5 до 6 км/ч приводит к увеличению нагрузки на системы и агрегаты трактора, в среднем: при вспашке - 5% (на легких почвах - 1-2%, средних почвах - 3-5%, тяжелых почвах- 6-8%); при посеве - 1,5-2,5 %; при бороновании, культивации, прикатывании, лущении на - 3-4% [16]. Нагрузка при пахоте с затупленным лемехом увеличивается на 20-30% [22].

На эксплуатацию тракторов также оказывает влияние правильность выбора вида поворота и способа движения, особенно при наличии на возделываемом участке склонов и препятствий. Известно, уменьшение длины гона приводит к увеличению пути для совершения поворотов и заездов, который может составить от 10 до 12%, а для коротких участков этот показатель может увеличиться до 40 % и более [14]. При частых и продолжительных поворотах, увеличивается износ ходовой части трактора.

Эксплуатационные показатели непосредственно зависят от факторов, направленных на поддержание техники в работоспособном состоянии, и от тех факторов, которые способствуют его нормальной работе, это такие факторы как транспортировка, проведение технического обслуживания, хранение и ремонт трактора, классность и стаж работы механизатора, обкатка и другие. Исходя из вышеизложенного считаем, что оценка и определение закономерности воздействия условий функционирования на показатели эксплуатации тракторов имеют важное значение.

1.2.1 Методы определения состояния эксплуатации тракторов

В настоящее время известны производственная и техническая эксплуатации тракторов. Производственная эксплуатация тракторов связана с факторами выполнения сельскохозяйственных работ. Техническая эксплуатация - это период эксплуатации, при котором осуществляется поддержание техники в работоспособном состоянии, проведение мероприятий, таких как организационных, технологических, технических, и других [1, 4, 8].

Приемка, транспортировка и обкатка машин, профилактическое техническое обслуживание, хранение, заправка, эксплуатационной ремонт, а также снабжение материалами и запасными частями, являются основными факторами технической эксплуатации.

Производственная эксплуатация определяется: технологией сельскохозяйственных работ в сельском хозяйстве, комплектованием и организацией работ агрегатов, планированием состава и управлением МТП, которые характеризуют производственные условия.

Под состоянием эксплуатации следует понимать совокупность факторов влияющих на процесс эксплуатации тракторов и находящиеся во взаимосвязи друг от друга [6].

От состояния технического обслуживания, ремонтной базы, качества очистки и заправки масел и топлива, качества хранения сельхозмашин, уровня профессионализма механизаторов, которые обслуживают агрегат, зависит уровень эксплуатации.

Различают два основных направления для оценки состояния эксплуатации. Первое - по показателям качества изготовленного или отремонтированного механизма, второе - по показателям технологических процессов. Оценивать состояния эксплуатации по исходному результату более приемлемо с точки зрения оценки «по конечному результату»; действительно при этом подтверждается не только качество рассматриваемого процесса, но и качество других - изготовление, восстановление и т.д. Определять состояния эксплуатации по качеству выполнения операций более целесообразно, поскольку при этом одновременно выявляются причины, приводящие к его уменьшению.

В связи с этим, далее анализируются работы второго направления. Второе направление можно охарактеризовать двумя методами: методом статистической обработки, и методом максимальных и средних значений [2]. Так как первый метод достоверен лишь для периода проектирования (конструирования), то принимается второй метод, выражающийся зависимостями, оценивающими не только качество готовых изделий, но и качество технологического процесса проектирования (изготовления). В результате итоговая формула выглядит следующим образом:

$$G_i = \frac{(K_i - K_i^0)^{-1}}{\sum (K_i - K_i^0)^{-1}}, \quad (1.1)$$

где K_i - нормальное значение i -го показателя, определяемого как среднестатистическое для изделия, удовлетворяющего нормативным требованиям;

K_i^o - максимальное допустимое значение, меньше которого i -й показатель снизиться не может.

Оценивая процесс изготовления, авторами использовался комплексный безразмерный показатель, полученный сложением всех обобщенных показателей качества мероприятий по организации технологических процессов и их проведению, с учетом коэффициентов их весомостей [2]. В общем виде выражение выглядит следующим образом:

$$K_k = \sum_1^{N_1} K_{кто} \cdot \mu_i + \sum_1^M K_{тпи} \cdot m_i, \quad (1.2)$$

где: $K_{кто} = \sum_1^{N_2} K_e m_e$ – качество i -х технологических операций;

K_e, m_e – единичный показатель e -го свойства технологической операции и его весомость;

N_2 – количество единичных показателей качества технологической операции;

M_i – весомость i -й технологической операции;

N – количество i -х технологических операций;

$K_{тпи} m_i$ – единичные показатели технологического процесса и их весомости;

N_i – количество единичных показателей качества технологического процесса.

Формула (1.2) показывает качество осуществления технологических процессов в зависимости от качества технологических операций. К этим показателям можно отнести состояние технологического оборудования и

машин, квалификацию инженерно-технических работников и обслуживающего персонала, систему стимулирования этих работников.

Наиболее близко к сельскохозяйственным машинам определение состояния эксплуатации изложено в трудах [8, 12, 21].

Для определения состояния эксплуатации тракторов в работе [15] используется следующее выражение:

$$K_o = \frac{\sum_{j=1}^5 (K_{ij} - \varphi_j)}{0,95 \cdot \sum_{j=1}^5 \varphi_j}, \quad (1.3)$$

где $K_{ij} = \sqrt[n]{\prod d_i}$ – частный показатель состояния эксплуатации j-го обобщенного фактора;

d_i – значение i-го определяющего фактора в зависимости от уровня его реализации в эксплуатации;

n – число определяющих факторов для j-го обобщенного фактора;

φ_j – вес j-го обобщенного фактора.

Как видно, в данной работе и в трудах [15, 34] оценка обобщенного фактора определена средним геометрическим значением всех его факторов. Оценка значения каждого определяющего фактора, в этом случае определяется путем сравнения его фактического значения с определенными фиксированными уровнями, при этом применена четырехбалльная система оценки, при которой баллы имеют одинаковые значения: 0,95; 0,76; 0,50; 0,24.

В трудах [34,45] не учтено, что обобщенные факторы проявляют многообразное влияние на состояние эксплуатации техники, то есть, не учтены степени влияния факторов природно-климатических производственных условий.

В трудах [48, 52] уделяется большое внимание качеству хранения техники, однако, на долговременном хранении, техника находится редко. Поэтому, степень представленного фактора в работе [54] несколько превышена. Таким образом, перечень обобщенных факторов и оценка степени их значения требуют уточнения.

В работе [12], состояние эксплуатации техники определялась шестью обобщенными факторами: уровнем технического обслуживания; уровнем текущего ремонта; подготовленностью механизаторских кадров; обеспеченностью предприятий материальными и техническими средствами и кадрами; степенью организацией эксплуатации тракторов; технического обслуживания и ремонта. Определение состояния любого обобщенного фактора предполагает формирование и оценку определяющих его факторов.

При оценке уровней факторов, авторами использована трехбалльная система оценки, при этом баллы были равны: 1,00; 0,75; 0,31. Определенные удельные веса обобщенных и определяющих факторов при ранжировании для ряда 1,2,3,4,5... и т.д. соответственно равны: 1; 1; 0,75; 0,50; 0,31... и т.д. Для определения обобщенного удельного веса фактора необходимо умножить удельный вес фактора на его порядковый номер и числовую характеристику, определяющий уровень фактора.

Для определения состояния эксплуатации техники в предприятии предлагается следующая формула:

$$y_{\circ} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_{\phi i}}{\sum \varphi_{\phi в}}, \quad (1.4)$$

где: φ_{fi} и φ_{fv} - обобщенные удельные веса i -го определяющего фактора, соответствующие фактическому и высокому уровню эксплуатации тракторов;

n - общее число анализируемых факторов.

Для определения состояния эксплуатации техники в предприятиях в работе [8] используется формула вида:

$$K_{\text{эп}} = \frac{\sum_{i=1}^n \varphi_i \cdot K_i}{\sum_{i=1}^n \varphi_i}, \quad (1.5)$$

где $\varphi_i = \frac{i}{2^{i-1}}$ - значение нормирующей функции для i -го обобщенного фактора;

n - число обобщенных факторов.

В работе [64] сделано допущение аналогичного характера, при этом состояние эксплуатации тракторов определяется из выражения:

$$K_{\text{э}} = \frac{\sum_{i=1}^N \varphi_i \cdot \sum_{j=1}^M K_{ij}}{\sum_{i=1}^N \varphi_i \cdot \sum_{j=1}^M K_{\text{max } ij}}, \quad (1.6)$$

где $K_{\text{max } ij}$ - максимально возможное значение факторов;

K_{ij} - численное значение i -ого фактора, определяющего j -ый фактор;

N - число основных факторов;

M - число факторов, определяющих основной фактор.

Определение весомости факторов в работах [8, 12, 61] проведена без учета природно-климатических и производственных условий. Поскольку была принята 3-х балльная система оценки состояния определяющих фак-

торов, точность оценки будет невысокой. Тем более, значение удельных весов факторов, которые получены с использованием нормативных функций, возможно, использовать только при предварительном исследовании.

При сравнении моделей, предложенных в работах [12, 60], необходимо обратить внимание на перечисленные в них обобщенные и определяющие факторы. В научной работе [58] такие факторы включают: уровень технического обслуживания; уровень текущего ремонта; уровень подготовленности механизаторского персонала; уровень обеспеченности хозяйств; уровень организации использования технического обслуживания и ремонта техники. В трудах [12, 56] в обобщенные факторы входят: качество технического обслуживания; качество текущего ремонта; качество очистки топливно-смазочных материалов; квалификация трактористов; качество хранения техники.

Как видим, в перечнях обобщенных факторов наблюдается различия, а в перечнях определяющих факторов степень различия больше, как по количеству факторов, так и в их содержании (от 17 до 25) [12, 56, 60].

Методы оценки качества проведения технического обслуживания энергетических средств показаны в работах [1, 4, 10, 25, 31], которые подразделяются по видам применяемых показателей, характеризующих качество технологического процесса, технического обслуживания, существенными из которых являются: периодичность технического обслуживания; качество операций технического обслуживания; объем работ по проведению технического обслуживания (трудовые и денежные издержки); оценка организационного и технического уровня ТО осуществляется с помощью балльной системы.

При проведении предварительных исследований в большинстве случаев, как показатель уровня организации технического обслуживания используется периодичность одного из видов технического обслуживания,

часто ТО-1. Однако авторы трудов полагают, что номенклатура операций технического обслуживания разных видов, проводится на высоком уровне.

В других трудах придают значения только качеству выполнения всего комплекса операций технических обслуживаний, однако, не учтены значения периодичности технического обслуживания. Из всех операций технического обслуживания выбираются те, что оказывают максимальное воздействие на топливно-энергетические показатели, безотказность техники и на ресурс его механизмов. В таком случае оценка качества технического обслуживания проводится по обобщенному показателю оценки качества технического обслуживания, вычисляемое по формуле:

$$K_{\text{то}} = \sum_i K_i \cdot \Pi_i = \sum_i \sum_j K_{nj} \cdot p_j \cdot \Pi_j, \quad (1.7)$$

где K_i - комплексный показатель i - й группы характеристики качества обслуживания;

Π_j - весомость показателя;

K_{nj} - единичный j -ый показатель оценки и его весомость в j - ой группе.

Единичный показатель K_{nj} , характеризующий качество выполнения j - й ключевой операции ТО, можно представить как отклонение j - го параметра состояния ΔQ_j обслуживаемого элемента от номинального значения Q_{nj} в долях единицы:

$$K_{nj} = 1 - \left| \frac{\Delta Q_j}{\Delta Q_{nj}} \right|. \quad (1.8)$$

В этом случае принимаются во внимание только те факторы, которые оказывают наибольшее влияние на соответствующие комплексные j - е группы характеризующие качество технического обслуживания.

Ученые понимают, что точное определение единичного показателя зависящего от отклонения j - го параметра состояния обслуживаемого элемента весьма трудоемко и сложно, и в задачах употребляют иной упрощенный вид формулы, чтобы определить единичный показатель путем деления числа фактически осуществленных действий (операций) на общее количество выполненных действия (операций) по j - ой сборочной единице.

В работе [46] при определении качества технического обслуживания был принят показатель, который характеризует долю фактически выполненных операций по данному энергетическому средству:

$$A = \frac{t_{\text{уд.ф}}}{t_{\text{уд.п}}} , \quad (1.9)$$

где $t_{\text{уд.ф}}$, $t_{\text{уд.п}}$ - фактическая и плановая удельная трудоемкость периодических и сезонных ТО.

Оценка качества ремонтной работы оценивается в трудах [46, 49, 55]. Термин «качество ремонта» обладает двойным значением. Первое значение термина «качество ремонта» говорит об оценке по показателям технологического процесса ремонтной работы, в основном по уровню соответствия параметров состояния деталей и механизмов сельхозмашин стандартам и техническим требованиям и условиям на ремонтные работы. Второе значение качества отремонтированных машин показывает оценку сравнением показателей работы или надежности в межремонтном периоде с указанием соответствующих показателей в доремонтном периоде.

Качество текущего ремонта (ТР) оцениваются по показателям качества технологического процесса ТР [12, 19, 31]: использование диагностики при постановке техники на ТР; использование диагностики для контроля качества ремонтных работ; качество используемых запасных частей; исполнитель, ликвидирующий отказы и проводящий текущий ремонт техники; снабжение ремонтной мастерской оборудованием. С помощью четырехбалльной системы, оценивается качество каждого фактора.

Степень очистки масел и топлива оценивается [19, 35] с помощью четырехбалльной системы оценивания по параметрам: качество хранения топливо-смазочных материалов (ТСМ); степень механизации процесса заправки машин топливом; степень механизации заправки машин маслами; контроль качества ТСМ (проверка марочного состава, соответствие с указанными в инструкциях по эксплуатации тракторов и сельскохозяйственных машин). Степень механизации заправки ТСМ рассмотрена в работе [12]. Данные показатели в полном размере определяют важнейшие показатели качества топливо-смазочных материалов, которые напрямую зависят от функционирования инженерно-технической службы предприятий.

На надежность и производительность работы техники существенное влияние проявляет квалификация механизаторов. Данное влияние выражается через навыки по управлению техникой, проведение технического обслуживания и ликвидация неполадок. Многие работы [12, 37, 39] посвящены данной проблеме. Квалификация определяется классностью, стажем работы, отношением к машине, возрастом, его образованием, местом обучения специальности. Среди многообразия факторов, нужно выбрать факторы, имеющие большую весомость.

Согласно ГОСТ 7751-79 [29] имеется три вида хранения сельхозмашин: межсменное (до 10 дней), недолговременное (от 10 дней до 2-х месяцев), долгосрочное (свыше 2-х месяцев). Оценки качества хранения сель-

хозмашин разрабатываются в трудах В.Н.Куликова, Н.А.Беседина и других [16, 42]. Во многих работах существенное внимание уделено оценке качества долгосрочного хранения сельхозмашин по качеству проведения разнообразных подготовительных операций. Техника, в основном находится в работе, межсменном хранении, техническом обслуживании или ремонте. Хранение более 1 месяца для тракторов не свойственно. В связи с этим, перечисленные исследования в нашей работе могут быть использованы лишь для оценки соблюдения правил продолжительного и непродолжительного хранения техники. Оценивая качество межсменного хранения тракторов, главным значением которого является хранение в зимний период, в нашей работе не является приоритетным.

Сделав анализ имеющихся методик оценки состояния эксплуатации техники, выводим следующие выводы:

- для определения весомостей факторов, ученые руководствуются итогами опроса экспертов или показателями нормирующих функций. Возможное влияние природно-климатических и производственных условий на уровень эксплуатации не учитывается;

- предлагаются всевозможные комплекты факторов, которые характеризуют технические условия, однако в этом случае удельный вес факторов, определяющие организационные условия не значителен, что понижает вероятность получения объективных данных. Исходя из этого, необходимо разработать методику определения весомостей факторов и состояния эксплуатации тракторов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ

2.1 Общий подход к решению задач

Состояние техники в процессе её эксплуатации при воздействии технических и эксплуатационных факторов, а также влиянии окружающей среды, постоянно меняется. Изменение состояния техники влияет на эффективность эксплуатации техники и отражается на её технико-экономических и эксплуатационных показателях.

Повышение эффективности эксплуатации тракторов связано с улучшением качества технического обслуживания, определением влияния технической эксплуатации, ремонтно-обслуживающих воздействий, материально - технической базы, наличия квалифицированных специалистов и нормативно - технической документации и разработкой мероприятий по их повышению.

В процессе эксплуатации техники реализуется их взаимодействие как объекта управления с такими факторами, как природно-климатические, эксплуатационные, производственные условия, а так же технические условия. Главным звеном, устанавливающим программу действий, является положения и нормативы, устанавливающие требования к ТО и ремонту [35].

Существенное варьирование в направлениях производства сельскохозяйственной продукции, плотности сельскохозяйственных работ, условий выполнения сельскохозяйственных работ, объемов ремонтно - обслуживающих воздействий устанавливают необходимость повышения эффективности и надежности эксплуатации техники, которые должны оказывать содействие в решении поставленных задач:

- выполнение намеченных объемов сельскохозяйственных операций;
- соблюдение оптимальных сроков ремонтно-обслуживающих работ.

Согласно данным о производительности и результатах диагностирования техники при ТО-3, информация о техническом состоянии её механизмов (агрегатов) может быть классифицирована. Оценка факторов технического обслуживания техники осуществляется с учетом состояния техники и закономерностей влияния на него условий функционирования.

Основываясь на вышеизложенные суждения, совершается построение целесообразного варианта технологического процесса, поддержания работоспособности техники. Этот процесс охватывает ремонтно-обслуживающие воздействия: ТО, ремонт, плановая смена механизмов, узлов и агрегатов, а также капитальный ремонт [36].

Параметры агрегатов техники в процессе эксплуатации зависят от состояния их эксплуатации, т.е. воздействия на них природно – климатических условий, производственных условий и факторов технического обслуживания тракторов.

2.2 Анализ качества технического обслуживания техники в аграрном производстве

При выполнении сельскохозяйственных работ на состояние технического обслуживания агрегатов трактора оказывают влияние различные условия, которые определяют технико-экономические и эксплуатационные показатели [1,2,3].

Исходя из литературного анализа и фактического состояния использования тракторов видно, что состояние технического

обслуживания тракторов определяется: природно-климатическими, техническими и производственными условиями.

Природно-климатические условия определяются рельефом местности; количеством осадков в году и средней температурой; видом (связностью) почвы. Рельеф местности характеризуется изрезанностью поля, наличием склонов и препятствий, при этом трактор работает с переменными нагрузками, что провоцирует возникновение усталостных напряжений в сварных швах, ослабление креплений, разрегулировку деталей, узлов и других конструктивных элементов. В зависимости от рельефа местности будут меняться интенсивность расхода ресурса систем и агрегатов.

Количество осадков в году и средняя температура воздуха характеризуют его влажность. Они могут быть также определены гидротермическим коэффициентом. Гидротермический коэффициент – это отношение количества осадков к суммарной температуре за этот же период времени. Коэффициент 0,8 соответствует засушливой зоне, от 0,9 до 1,3 – зоне нормальной влажности, и больше 1,3 – зоне повышенной влажности [4]. Повышенная влажность воздуха способствует коррозии деталей и узлов трактора и приводит к повышенному расходу ресурса.

Вид (связность) почвы в комплексе с влажностью характеризуют запыленность воздуха. Запыленность воздуха считается критической, если в одном кубическом метре воздуха находится пыли в количестве от 0,3 до 0,6 г [5,6]. Запыленность воздуха способствует появлению абразивного износа в подшипниках скольжения, расхода ресурса деталей кривошипно-шатунного механизма и топливной аппаратуры. Таким образом, запыленность воздуха влияет на состояние технического обслуживания тракторов.

Технические условия определяется определяющими факторами технического обслуживания, например: «Наличие оборудования для

проведения ТО», «Соблюдение сроков проведения ТО», «Выполнение номенклатуры операций ТО» и другие факторы.

Определяющие факторы влияют на техническое обслуживание агрегатов и систем трактора, степень их влияния называется весомостью факторов технического обслуживания тракторов. Величина весомости того или иного фактора зависит от технического обслуживания агрегатов и систем трактора, вероятности внезапного отказа, возможного продолжительного простоя и стоимости его ликвидации при невыполнении или частичном выполнении данного фактора[7]. В свою очередь весомость факторов технического обслуживания тракторов зависит от уровня определяющих факторов.

Производственные условия определяются организацией работ тракторного агрегата, планированием состава машинно - тракторного парка (МТП) и технологией механизированных работ.

Организация работ тракторного агрегата характеризуется скоростью его передвижения, способом движения, видом поворотов и др. В зависимости от выбора скорости будет меняться нагрузка на двигатель, что влияет на интенсивность износа его деталей и узлов. Способ движения и вид поворотов отражаются на частоте и продолжительности включения механизмов поворота трактора, что влияет на степень износа трансмиссии и возникновение отказов.

Планирование состава МТП включает в себя планирование марочного состава и количества тракторов в хозяйстве[8], это в основном определяет наличие ресурсосберегающих объектов ремонтной базы, а значит продолжительность восстановления работоспособности и простоя техники.

Технология механизированных работ отражает процент работы трактора в трудоемких процессах: вспашка, сплошная культивация, боронование и др.; в работах средней тяжести: посев и косьба зерновых, посадка картофеля,

уборка силосных культур и др.; и легких – это транспортные работы[9,10]. В зависимости от доминирования тех или иных сельскохозяйственных операций будет изменяться работоспособность систем и агрегатов, количество отказов.

Влияние уровня технического обслуживания тракторов на показатели их использования и надежности представлены на рисунке 2.1.

Исходя из вышеизложенных суждений, можно сделать следующие выводы:

- состояние технического обслуживания тракторов характеризуются природно-климатическими, техническими и производственными условиями эксплуатации тракторов;
- технические условия эксплуатации тракторов определяется уровнем определяющих факторов, которые непосредственно влияет на уровень технического обслуживания;
- природно-климатические, технические и производственные условия влияют на технико-экономические и эксплуатационные показатели тракторов.



Рисунок 2.1– Влияния уровня технического обслуживания тракторов на показатели их использования и надежности

2.2.1 Обоснование перечня факторов, характеризующих качества технического обслуживания тракторов

Ранее было отмечено, что качество технического обслуживания техники можно оценить комплексным безразмерным показателем – уровнем технического обслуживания тракторов. Уровень технического обслуживания трактора – состояние технического обслуживания трактора в хозяйстве. Теоретически, значение может меняться от 0 до 1. При этом, 1 соответствует состоянию технического обслуживания трактора, при котором расход ресурса минимален, т.е. обобщенные факторы уровня технического обслуживания соответствуют требованиям ГОСТ; 0-теоретический, соответствует состоянию технического обслуживания трактора, при котором техническое обслуживание трактора не производится.

Отсюда следует, что необходимо установить перечень факторов, характеризующих технические, производственные условия и их весомости, определяющие степень реализации этих факторов в хозяйствах, влияние природно-климатических условий на показатели надежности тракторов.

В известных исследованиях предлагаются определяющие факторы разных наборов [12, 40, 51]. Исходя из обзора литературных источников и реального состояния технического обслуживания техники в хозяйстве, были выделены следующие определяющие факторы:

1. Качество проведения технического обслуживания.
2. Наличие передвижных средств ТО
3. Состав специалистов
4. Наличие оборудования для ТО
5. Место проведения ТО
6. Выполнение номенклатуры операций ТО
7. Соблюдение сроков проведения ТО

8. Применение диагностики

Для уточнения номенклатуры определяющих факторов и обоснования их весомостей применяется, используемый в теории квалиметрии, экспертный опрос инженерно-технических работников - специалистов.

Определение показателей уровня технического обслуживания техники представляет определенную сложность, которая заключается в количественной оценке факторов, имеющих свою размерность и физический смысл. В связи с большим количеством и разнообразием факторов и их сочетаний, решить данную задачу, используя строгие математические методы, затруднено. Использование функции желательности Харрингтона [66, 67,] для получения числовых значений определяющих факторов является более рациональным. При этом появляется возможность преобразовать натуральные значения частных факторов в безразмерную шкалу желательности.

Применение бального метода оценки, где уровень каждого определяющего фактора соответствует определенному набору качеств реализации данного фактора в хозяйстве, количество которых определяет точность их оценки, предполагает проведение полного анализа состояния каждого определяющего фактора.

Нами была выбрана более распространенная система оценки - четырехбалльная система. При этом, определенному уровню технического обслуживания тракторов соответствует определенный набор баллов с учетом их весомостей.

Для уточнения перечня факторов и определения их весомостей проводился экспертный опрос инженерно-технических работников.

Факторы были расположены в порядке уменьшения уровня обобществления.

Таблица 2.1 - Влияние определяющих факторов на уровень технического обслуживания тракторов

| Базовый фактор | Определяющие факторы |
|-----------------------------------|---|
| Уровень технического обслуживания | 1. Качество проведения технического обслуживания. 2. Наличие передвижных средств ТО 3. Состав специалистов 4. Наличие оборудования для ТО 5. Место проведения ТО 6. Выполнение номенклатуры операций ТО 7. Соблюдение сроков проведения ТО 8. Применение диагностики |

Определяющими факторами называются например, «Наличие оборудования для ТО», «Состав специалистов» и др. (таблица 2.1). Для обеспечения приемлемой точностью их количество оптимизировалось. Оценка уровней некоторых определяющих факторов осуществлялась по выявленным параметрам [16, 64].

Наличие в предприятиях стационарных, передвижных средств и оборудования для диагностирования определяет состояние фактора «Наличие оборудования для ТО».

Фактор «Соблюдение сроков проведения ТО» определяется как учет выработки трактора и наличие графиков технического обслуживания. Формула отклонения от нормативных сроков выглядит следующим образом:

$$\varphi_{\text{нор тт}} = \frac{n_{\text{ф}}}{n_{\text{н}}}, \quad (2.1)$$

где n_{ϕ} и n_n - фактическое и нормативное количество технических обслуживаний в течении наблюдения.

Поскольку операции технического обслуживания оказывают влияние на показатели надежности в разной степени, фактор «Выполнение операции ТО», номенклатура операций технического обслуживания должен быть разделен на три группы. К первой группе относятся базовые операции, которые могут привести к отказу в периоде до следующего технического обслуживания (ТО-1, ТО-2, ТО-3) при их невыполнении, во вторую группу следует включить операции: регулировочную работу, контрольно - измерительные работы, которые могут привести к отказу в периоде двух сроков технического обслуживания (ТО-1, ТО-2, ТО-3) при их невыполнении и третья группа включает в себя другие операции, которые могут привести к отказу в периоде до следующего технического обслуживания при их невыполнении. Для определения «Качество выполнения номенклатуры операции ТО» используют формулу:

$$\varphi_{\text{ном тт}} = \frac{N_{\phi}}{N_n}, \quad (2.2)$$

где N_{ϕ} и N_n - фактическое и нормативное количество операций.

2.2.2 Методика определения весомости факторов и уровня технического обслуживания тракторов

Одним из важных моментов при оценке уровня технического обслуживания тракторов является составление перечня определяющих факторов, а также определение их весомостей, которые наиболее полно отражают качество технического обслуживания тракторов. Исходя из

литературного анализа, весомости факторов можно определить с помощью экспертного опроса и расчетного метода [2, 62].

Уровень технического обслуживания техники оказывает влияние на показатели надежности (коэффициент готовности, наработку на отказ и т.д.), в связи с этим определив зависимости между показателями надежности и определяющими факторами, вычисляем степень влияния каждого фактора на выходной показатель, наработку на отказ.

Чтобы определить весомость факторов, мы предлагаем воспользоваться методами экспертного опроса и теории математической статистики.

Метод экспертного опроса проводится в соответствии с ГОСТ 23554.1-79.

Теория математической статистики предполагает проведение корреляционно - регрессионного анализа результатов, полученных в период наблюдений. В таком случае значение весомости показывает долю величины наработки на отказ, приходящийся на данный фактор.

При нахождении весомостей факторов технического обслуживания следует провести регрессионный анализ, в связи с этим первичные данные необходимо представить в виде матрицы:

$$\begin{pmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \dots & \varphi_{1j} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} & \dots & \varphi_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varphi_{i1} & \varphi_{i2} & \varphi_{i3} & \dots & \varphi_{ij} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_{01} \\ T_{02} \\ \dots \\ \dots \\ T_{0i} \end{pmatrix}, \quad (2.3)$$

где T_0 – наработка на отказ трактора, м.ч.;

$\varphi_{2j}, \varphi_{2j} \dots \varphi_{ij}$ - уровни i - х определяющих факторов, в j - ом опыте.

Выводится уравнение регрессии вида:

$$b_1\varphi_1 + b_2\varphi_2 + \dots + b_i\varphi_i = T_0, \quad (2.4)$$

где b_i - коэффициенты регрессии i - х определяющих факторов.

Используя уравнение (2.6), можно определить степень влияния каждого определяющего фактора $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i$ на выходной показатель T_0 :

$$k_i = \frac{\overline{\varphi_i} b_i}{\sum_{i=1}^m \overline{\varphi_i} b_i}, \sum_{i=1}^m K_i = 1, \quad (2.5)$$

где k_i - весомость i - го определяющего фактора;

$\overline{\varphi_i}$ - среднеарифметическое значение уровня i -го определяющего фактора;

b_i - коэффициент регрессии i - го определяющего фактора.

Уровни технического обслуживания определяются для каждого хозяйства по формуле:

$$Y_{TO} = \sum_{i=1}^m \varphi_i k_i, \quad (2.6)$$

где Y_{TO} - уровень технического обслуживания.

В результате нами разработан метод, основанный на расчете значений весомостей факторов, которые учитывают условия технического обслуживания техники в хозяйствах.

Составляющие эмпирической зависимости определяются исходя из расчета по данной формуле:

$$\Pi = f\left(\overline{Y}_{TO} + \frac{\overline{Y}_{TO}}{100}\right), \quad (2.7)$$

где Π - выходной показатель – годовая наработка, количество отработанных машинодней, машиномен и др.;

$\bar{Y}_{\text{то}}$ - фактический уровень технического обслуживания техники в хозяйствах.

На основании данных вычислений необходимо выбрать показатели использования, имеющие максимальные значения изменения. При этом приращение фактического уровня технического обслуживания должен быть один процент.

2.2.3 Обоснование мероприятий по повышению уровня технического обслуживания тракторов

Уровень технического обслуживания оценивается для того, чтобы в конечном итоге провести разработку и внедрение мероприятий по его повышению.

Для того, чтобы лучше представить состояние и рациональное осуществление мероприятий по увеличению уровня технического обслуживания необходимо все определяющие факторы соотнести с одной из групп, показывающих их выполнимость (таблица 2.2).

Таблица 2.2 - Определяющие факторы с разделением их по группам реализации

| Базовый фактор | Определяющие факторы, повышение которых требует выполнение следующих мероприятий | | |
|-----------------------------------|--|---|--|
| | Повышение дисциплины труда | Проведение организационных мероприятий | Проведение дополнительных капитальных вложений |
| Уровень технического обслуживания | Соблюдение сроков проведения ТО | Состав специалистов для ТО и диагностирования | Место проведения ТО. Наличие оборудования для проведения ТО |

Первая группа содержит в себе определяющие факторы, для повышения уровней которых требуется повышение трудовой дисциплины, так как эти факторы, в большинстве случаев, зависят от инженерно - технических работников, от их ответственного и качественного выполнения своих обязанностей.

Во второй группе находятся факторы, повышение уровней которых требует проведение качественных, организационных мероприятий.

Третья группа содержит факторы, повышение которых требует капитальных вложений.

Увеличение уровня технического обслуживания следует проводить в 2 этапа. Первый этап заключается в доведении уровней факторов первой и второй групп до уровней факторов третьей группы. Во втором этапе дополнительно осуществляются капитальные вложения, вследствие чего уровни факторов третьей группы приводятся к номинальному значению. После повышают уровень факторов 1 и 2 группы.

Для быстрого увеличения уровня технического обслуживания нужно установить порядок повышения уровней определяющих факторов технического обслуживания.

Порядок увеличения уровней определяющих факторов технического обслуживания определяются размерами коэффициентов эффективности тех или иных факторов.

Коэффициент эффективности определяющих факторов вычисляют из уравнения:

$$\eta_i = (1 - \overline{\varphi_i}) Z_i^0 k_i, \quad (2.8)$$

где η_i - коэффициент эффективности i -го определяющего фактора.

Коэффициенты вариации находятся для каждого определяющего фактора по формуле:

$$U_i = \frac{\sigma_i}{\varphi_i}. \quad (2.9)$$

Определяющие факторы в любой группе рассчитывают в порядке уменьшения коэффициента эффективности η_i . В первую очередь обязаны повышаться факторы, значение величины коэффициентов которых отвечают условиям:

$$\eta_i \geq \frac{\sum \eta_i}{m}. \quad (2.10)$$

2.3 Обоснование вида зависимостей влияния качества технического обслуживания тракторов на эксплуатационные показатели и методика их определения

Существует множество видов функциональных зависимостей показателей эксплуатации тракторов от состояния их эксплуатации. При этом, в зависимости от адекватности расчетных показателей фактическим, будет меняться и погрешность определения основных показателей. Поэтому, при определении вида зависимости к каждому показателю эксплуатации должен быть индивидуальный подход.

Так как остаточная дисперсия указывает на отклонение фактических значений от расчетных, то основным критерием выбора определенного вида зависимостей служит её минимум.

Нахождение зависимостей показателей эксплуатации и надежности тракторов от условий их функционирования должно проводиться с целью прогнозирования их значений при изменении уровней эксплуатации.

Так как мы всегда имеем один изменяющийся фактор – уровень эксплуатации и один выходной показатель – показатель надежности или эксплуатации, то необходимо рассматривать однофакторные зависимости.

Однако, прежде чем исследовать параметры уравнения и зависимости, необходимо найти степень связи между ними. В данном случае, такой величиной может быть коэффициент корреляции R , для определения которого воспользуемся формулой:

$$R = \frac{\sum xy - 1/n \cdot \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{(\sum x^2 - 1/n(\sum x)^2) \cdot (\sum y^2 - 1/n(\sum y)^2)}} . \quad (2.11)$$

При $R=0,5$ (по абсолютной величине) корреляционная зависимость достаточно велика, поэтому можно с уверенностью предположить закономерность связи явлений [96].

Надежность полученных значений m_R можно охарактеризовать ошибкой коэффициента корреляции, которая будет определяться выражением [65]:

$$m_R = \pm \frac{1 - R^2}{\sqrt{n}}, \quad (2.12)$$

где n -количество наблюдений.

Значение R надежно, при выполнении условия [65]:

$$R \geq 3m_R . \quad (2.13)$$

С повышением уровня ТО некоторые показатели увеличиваются (годовая наработка, наработка на отказ и др.). При этом ошибочно утвер-

ждать, что выбор какого-то определенного вида зависимости правилен для всех показателей.

Так как зависимости будут использованы в дальнейшем, то степень предсказания, т.е. соответствие фактических значений и эмпирических, должно быть достаточно высоким.

Поэтому, с учетом анализа исследований по данному вопросу, определяем основные возможные виды зависимостей:

$$\begin{aligned}
 Y &= X / (A + B \cdot X); \\
 Y &= A \cdot X^B; \\
 Y &= A \cdot B^X; \\
 Y &= A \cdot X / (B + X); \\
 Y &= A + B \cdot \lg X; \\
 Y &= A / (B + X); \\
 Y &= A + B \cdot X^Z; \\
 Y &= A + B \cdot X + C \cdot X^Z.
 \end{aligned} \tag{2.14}$$

Степень предсказания можно определить остаточной дисперсией, т.е. при уменьшении ее значения степень предсказания увеличивается.

Остаточную дисперсию можно определить по следующей формуле:

$$\varphi_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum (Y - \bar{Y})^2}{n - 2} . \tag{2.15}$$

Коэффициенты зависимостей находятся с помощью метода наименьших квадратов, а оптимизация вида зависимостей осуществляется по критерию минимума остаточной дисперсии, т.е. $\varphi_{\text{ост}} \rightarrow \min$.

Расчеты целесообразно проводить на ЭВМ.

2.3.1 Методика оптимизации вида зависимостей влияния уровня технического обслуживания тракторов на технико-экономические и эксплуатационные показатели

Для определения показателей эксплуатации и надежности тракторов в зависимости от качества технического обслуживания собираются и обрабатываются сведения о состоянии определяющих факторов в каждом хозяйстве и соответствующих им технико-экономических и эксплуатационных показателей, по ранее рассмотренным методикам.

Как указано в разделе 2.3, были определены восемь часто встречающихся парных зависимостей. Параметры этих зависимостей были определены методом наименьших квадратов.

В таблице 2.3 показаны виды зависимости и линеаризующие преобразования переменных.

Таблица 2.3 - Функции и линеаризующие преобразования

| Функция | Линеаризующие преобразования | | | |
|----------------------------------|------------------------------|---------------|-----------------------|---------------|
| | преобразование переменных | | выражения для величин | |
| | Y' | X' | A' | B' |
| 1. $Y = \frac{X}{(A+X+B)}$ | Y | $\frac{1}{X}$ | A | B |
| 2. $Y = A \cdot X^B$ | lgY | lgX | lgA | lgB |
| 3. $Y = A \cdot B^X$ | lgY | X | lgA | lgB |
| 4. $Y = \frac{A \cdot X}{(B+X)}$ | $\frac{1}{Y}$ | $\frac{1}{X}$ | $\frac{B}{A}$ | $\frac{1}{A}$ |
| 5. $Y=A+B \cdot \lg X$ | Y | lgX | A | B |
| 6. $Y = \frac{A}{(B+X)}$ | $\frac{1}{Y}$ | X | $\frac{B}{A}$ | $\frac{1}{A}$ |
| 7. $Y=A+B \cdot X^Z$ | Y | X^Z | A | B |
| 8. $Y=A+B \cdot X+C \cdot X^2$ | - | - | - | - |

Вычисления проводятся в следующем порядке:

1. Используя данные из таблицы 2.3, функция линеаризуется, т.е. $Y \rightarrow Y'$ и $X \rightarrow X'$.

2. Определяются суммы $\Sigma X'$, $\Sigma Y'$, $\Sigma (X')^2$, $\Sigma (Y')^2$, $\Sigma X'Y'$ и средние значения Y' и X' .

3. Вычисляются промежуточные величины:

$$G'_x = \Sigma (X')^2 - \frac{1}{n} (\Sigma X')^2; \quad (2.16)$$

$$G'_y = \Sigma (Y')^2 - \frac{1}{n} (\Sigma Y')^2; \quad (2.17)$$

$$G'_{xy} = \Sigma X'Y' - \frac{1}{n} (\Sigma X') \cdot (\Sigma Y'). \quad (2.18)$$

4. Определяются коэффициенты регрессии:

- линейный

$$B' = G'_{xy} / G'_x; \quad (2.19)$$

$$A' = Y' - B' \cdot X'; \quad (2.20)$$

- криволинейный, используя данные таблицы

$$B' \rightarrow B, \quad A' \rightarrow A.$$

5. Определяется остаточная дисперсия:

$$\Phi_{\text{ост}} = \Sigma (Y - Y')^2 / (n - 2). \quad (2.21)$$

6. Определяется коэффициент корреляции:

$$R = G'_{xy} / \sqrt{G'_x \cdot G'_y}. \quad (2.22)$$

7. Ошибку коэффициента корреляции находится по следующей формуле:

$$m_R = (1 - R^2) / \sqrt{n}, \quad (2.23)$$

если $R \geq 3 m_R$, то возможно предположить наличие статистической связи величин X и Y .

Каждая функция рассчитывается отдельно. При этом седьмая по счету функция, указанная в таблице 2.3, оптимизируется отдельно, а необходимые расчеты производятся при изменении показателя степени Z .

Определение коэффициентов регрессии квадратичного уравнения осуществляется методом наименьших квадратов [63].

В итоге принимается тот вид зависимости, для которого остаточная дисперсия будет минимальна.

3. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Программа экспериментальных исследований

Повышение эффективности и надежности эксплуатации тракторов в различных состояниях их технического обслуживания основаны на установлении закономерностей изменения эксплуатационных показателей и показателей надежности тракторов от уровня технического обслуживания техники. Экспериментальные исследования проводились для установления закономерностей влияния уровня технического обслуживания тракторов, на их технико-экономические, эксплуатационные показатели и показатели надежности.

Для этого необходимо выполнить следующую работу: 1) определить перечни и весомости определяющих факторов, характеризующих уровень технического обслуживания тракторов; 2) определить эксплуатационные показатели и показатели надежности исследуемых тракторов.

Были выбраны административный район, хозяйства и трактора исследуемой марки, а также для определения закономерностей влияния уровня технического обслуживания на показатели надежности, эксплуатационные и технико-экономические показатели необходимо учитывать: год введения в эксплуатацию и периоды ремонта трактора.

Программа экспериментальных исследований представлена на рисунке 3.1.

Для выработки общей методики сбора данных о надежности сельскохозяйственной техники были использованы РД, ГОСТы, ОСТ и рекомендации [25, 26, 28].



Рисунок 3.1- Программа экспериментальных исследований

3.2 Обоснование выбора объектов наблюдений

При изучении вопросов совершенствования и развития сельскохозяйственного производства необходимо учитывать, что техническое обслуживание тракторов в сельском хозяйстве обладает особенностями, которые характеризуется разнообразными природно-климатическими условиями.

Для каждого отдельного случая следует принимать во внимание условия работы и возможности системы при проведении технического обслуживания в данных условиях.

Природно-климатические, а также местные условия определяются запыленностью, влажностью и средней температурой воздуха, изрезанностью полей, наличием склонов и препятствий, связанностью почвы. Вышеперечисленные факторы сказываются на показателях технического обслуживания техники через величины весомостей факторов, которые определяют организационные и технические условия. В частности, чем больше запыленность, тем выше значение весомости фактора «Качество выполнения ТО».

На сегодняшний день малоизученна и недостаточно определена методика, которая учитывает организационные, технические, природно-климатические условия, влияющие на эксплуатационные характеристики техники.

Для проведения экспериментальных исследований в магистерской работе были выбраны хозяйства Лаишевского района: 1) ООО «Агрофирма Волжская»; 2) ООО «Яратель»; 3) «Птицефабрика Державинская»; 4) ООО «Хаерби» которые расположены в Предкамской зоне Республики Татарстан.

Для обследуемых зон характерны условия, определяемые следующими значениями [38]:

- средним классом изрезанности 5-10%;

- средним классом угла склона 2-5°;
- средней длиной гона 400-800 м;
- средней запыленностью воздуха 0,01-0,112 г/м³;
- средней зимней температурой 10-12°C.
- средней влажностью воздуха 50-70%.

На сегодняшний день в сельском хозяйстве занято около 20 марок тракторов. Наиболее целесообразно выбрать самый распространенный для исследуемой зоны вид трактора.

В начале 2017 года в хозяйствах Татарстана числилось более 14 000 тыс. различных марок тракторов. В таблице 3.1 представлены марочные и количественные составы тракторов в хозяйствах Республики Татарстан.

Таблица 3.1- Марочные и количественные составы тракторного парка в сельскохозяйственных предприятиях Республики Татарстан (по данным на 2017 год)

| Марки тракторов | Количество | |
|--------------------------|------------|---------------------------------------|
| | Шт. | Отношение к общему числу тракторов, % |
| 1 | 2 | 3 |
| К-700А, К-701 | 774 | 5,5 |
| К-744 | 134 | 0,9 |
| ДТ-75, Т-4 | 3202 | 23,02 |
| МТЗ-1221 | 2186 | 15,7 |
| МТЗ-80/82 | 6949 | 49,9 |
| КамАЗ Т-215 | 217 | 1,5 |
| Нью-Холланд | 225 | 1,6 |
| Джон-Дир, Бюлер , Фендт. | 180 | 1,2 |
| Агрес, Агротон | 37 | 0,2 |
| ИТОГО | 13904 | 100 |

Из таблицы 3.1 видно, что колесные трактора в республике наиболее распространенные, их количество достигает 50% от всего количества техники. Во всех хозяйствах основной пахотной машиной являются колесные

трактора, своевременные сельскохозяйственные работы в первую очередь зависят от работы этих тракторов. В зимнее время года колесные трактора в основном используются на транспортных работах. В связи с этим объектом изучения были выбраны трактора МТЗ-80 и МТЗ-82.

3.3. Методика сбора и обработки информации

3.3.1 Методика сбора информации

Для проведения исследований по установлению закономерностей влияния качества технического обслуживания на эксплуатационные показатели сельскохозяйственных машин, а так же показатели надежности колесных тракторов в различных условиях эксплуатации выбраны были хозяйства более типичные для исследуемой зоны. Значение уровня технического обслуживания тракторов при этом находилось в пределах 0,5...0,8.

Что бы определить зависимость количества отказов техники от вида выполняемых технологических работ, объектами наблюдения были выбраны тракторы МТЗ - 80, МТЗ - 82.

Для получения зависимостей показателей надежности и эксплуатационных показателей от уровня технического обслуживания, адекватных реальному процессу, следовало установить минимальное число наблюдаемых с -ых систем. Так как эти зависимости определяются для основных систем, то удобнее наблюдать за трактором в целом, и число наблюдаемых тракторов определяется:

$$N = \max N_c, \quad (3.1)$$

где N_c - требуемое для наблюдений минимальное количество с -х систем.

Так как коэффициенты уравнения регрессии определяют методами наименьших квадратов, то теоретически достаточно, чтобы число наблюдений n за системой было не меньше количество находимых параметров уравнения. Тем не менее, в этих случаях погрешности при определении коэффициентов будут высокими, потому рекомендуют четырехкратное повышение числа наблюдений по сравнению с теоретическим [39].

В соответствии со структурной схемой трактора МТЗ - 82, приведенной на рисунке 3.2., самое большое количество агрегатов (8) имеет двигатель и если $c=3$, таким образом, $N_c=24$ и $N=24$.

Период времени наблюдения за тракторами определяют по рекомендациям [42], учитывая точность определения исходной информации.

Для охвата при наблюдении наиболее широкого диапазона изменений эксплуатационных показателей объектов, выбирали тракторы, которые находились в начале, середине и конце доремонтного и межремонтного периодов.

| | | |
|---------|-------------------------|---------------------------------|
| Трактор | Система контроля | Датчики |
| | | Приборы |
| | Несущая система, кабина | Рама |
| | | Кабина |
| | | Оперенья |
| | Ходовая система | Гусеницы |
| | | Опорные катки |
| | | Ведущая звездочка |
| | | Каретки |
| | Гидросистема | Насос |
| | | Распределитель |
| | | Силовой цилиндр |
| | Электрооборудование | Генератор |
| | | Стартер |
| | | Батарея аккумуляторная |
| | | Реле- регулятор |
| | Трансмиссия | Коробка перемены передач |
| | | Ведущий мост |
| | Двигатель | Кривошипно-шатунный механизм |
| | | Головка цилиндров |
| | | Насос топливный |
| | | Форсунка |
| | | Цилиндропоршневая группа |
| | | Агрегаты системы охлаждения |
| | | Агрегаты системы пуска и смазки |
| | | Воздушный фильтр |

Рисунок 3.2- Структурная схема трактора МТЗ 80, 82

3.3.2 Определение наработки на отказ агрегатов трактора

Глубокого анализа безотказности требуют двигатели, поскольку, например, для тракторов МТЗ – 80, 82 они обуславливают более 45% отказов тракторов в целом [44]. Количество отказов трактора в рассматриваемый определенный период наработки (N , $N+\Delta N$) есть величина случайная и зависит от многих факторов, таких как степень загрузки, качество нефтепродуктов, температура воздуха, сопротивление почв и.д. Одним из факторов, способствующих увеличению количества отказов, является «старение» двигателя трактора. При увеличении наработки увеличивается износ его сопряжений, возрастает уровень внутренних возмущающих воздействий в агрегатах, определяемый условием изготовления и капитального ремонта агрегатов, следовательно, возрастает и количество отказов. Анализ литературы, посвященной методам оценки показателей надежности тракторов, показывает, что зависимость износа агрегата от величины его наработки имеет вид параболы [60].

Однако на количество отказов агрегата трактора за период наработки также влияют условия эксплуатации, качество технического обслуживания и ремонта и т.д. как в рассматриваемом, так и в предшествующем периодах. Влияние этих факторов проявляется при определении количества отказов трактора по данным бухгалтерской отчетности. Следовательно, целесообразным является установление закономерности количества отказов агрегатов трактора для различных значений уровня их технического обслуживания.

В качестве показателя безотказности трактора принята наработка на отказ. Этот параметр в интервале наработки (N , $N+\Delta N$) определяется в соответствии с ГОСТ [63]:

$$T_o(H) = \frac{\Delta H}{\tilde{m}(\Delta H)}, H \in \Delta H, \quad (3.2)$$

где $\tilde{m}(\Delta H)$ - математическое ожидание количества отказов двигателя трактора в интервале ΔH .

Математическое ожидание числа отказов двигателя за наработку ΔH определяется как:

$$m_d(\Delta H) = f(Y_{TO}), \quad (3.3)$$

где Y_{TO} - уровень технического обслуживания трактора.

Характерной особенностью агрегата как сборочной единицы является его автономность, связанная с наличием корпусной детали и выполнением определенной законченной рабочей функции.

Отказы многих агрегатов являются зависимыми, и по отдельным агрегатам наблюдается сравнительно небольшое количество отказов, поэтому прогнозирование их за определенный период наработки может привести к значительным погрешностям [42]. Более целесообразным является рассмотрение систем агрегатов, отказы которых независимы.

Таким образом, количество отказов трактора в интервале наработки ΔH оценивается количеством отказов агрегатов:

$$m_d(\Delta H) = \sum_{j=1}^E m_j(\Delta H), \quad (3.4)$$

где $m_d(\Delta H)$ - количество отказов трактора в интервале ΔH ;

E - количество систем агрегатов;

j - номер агрегата.

3.4 Погрешность оценки уровня технического обслуживания техники

Погрешность оценки уровня технического обслуживания имеет случайный характер, вследствие этого для ее характеристики задаются доверительным интервалом и доверительной вероятностью. Для оценивания степени достоверности полученных результатов используют доверительную вероятность.

Предположим, что необходимо оценить уровень технического обслуживания техники какого-либо хозяйства для значений определяющих факторов $\varphi_{11}, \varphi_{12}, \varphi_{13} \dots, \varphi_i$. Перейдем к уравнению вида и найдем погрешность оценки Y_{TO} для $Y_1^0, Y_2^0, Y_3^0 \dots Y_j^0$. Для величины Y_{TO} , границы доверительного интервала, соответствующие доверительной вероятности α , находятся из выражения [96]:

$$\bar{Y}_j - (t^T, n-p-1)S_{ошj} \leq \bar{Y}_j^0 \leq \bar{Y}_j + (t^T, n-p-1)S_{ошj}, \quad (3.5)$$

где: $(t^T, n-p-1)$ - значения j - распределения по таблицам [96];

$S_{ошj}$ - стандартная ошибка регрессии j - го агрегата.

Стандартная ошибка определяется из выражения:

$$S_{ошj} = \sqrt{\hat{S}_{0,1,2,\dots,m}^2 \left[\frac{1}{n} \sum_{j=1}^m C_{jj} (X_j - \bar{X}_j)^2 + 2 \sum \sum C_{gh} (X_g - \bar{X}_g) \cdot (X_h - \bar{X}_h) \right]} \quad (3.6)$$

где $\hat{S}_{0,1,2,\dots,m}^2$ - квадрат стандартной ошибки оценки по уравнению;

g, h - индексы факторов по множественным уравнениям регрессии, $g < h$;

$C_{g,h}$ - элемент матрицы, обратной матрице коэффициентов системы нормальных уравнений, стоящий g - ой строке и h - ом столбце.

Границы доверительного интервала для Y_{TO} , соответствующие доверительной вероятности α , равны экспоненте величин, устанавливаемых из выражения (3.5).

3.5. Проверка адекватности расчетных показателей эксплуатации тракторов фактическим значениям

Для подтверждения зависимости показателей эксплуатации тракторов от технического обслуживания и исследования стабильности соответствия расчетных показателей фактическим значениям, необходимо провести сравнительный анализ.

Адекватность полученных зависимостей оценивалась по величине затрат на ремонт и ТО, годовой наработке, коэффициенту готовности, количеству отработанных тракторосмен.

Входным параметром является уровень технического обслуживания тракторов в хозяйствах.

Рассматривается стабильность этих параметров для другого хозяйства, которые не участвовали в экспериментальных исследованиях.

Адекватность проверяется методом сравнений расчетных и фактических показателей. Сбор данных осуществляется согласно методике, указанной в разделе 3.3.

3.6 Результаты оценки качества технического обслуживания и определения показателей надежности тракторов в сельскохозяйственных предприятиях

Для нахождения показателей технического обслуживания и надежности тракторов было проведено обследование в четырех сельскохозяйствен-

ных предприятиях Республики Татарстан. В этих предприятиях был проведен полный анализ эффектности технического обслуживания тракторов, который отражается на количестве отказов до и после ремонта, дневной, сменной и годовой выработках трактора, а также количестве отработанных трактородней и тракторосмен. Все эти показатели в большой степени зависят от уровня технического обслуживания тракторов. Откуда видно, что по мере увеличения уровня технического обслуживания показатели надежности увеличиваются, а затраты от отказов снижаются. На основе этого, по каждому хозяйству были найдены средние удельные затраты на проведение текущих ремонтов тракторов МТЗ-80, МТЗ - 82.

3.7 Результаты определения уровня технического обслуживания тракторов в сельскохозяйственных предприятиях

Для уточнения всех определяющих факторов был проведен экспертный опрос инженерно-технических работников. Эксперты выбирали из предложенного списка факторы, которые наиболее влияют на уменьшение расхода ресурса техники. На следующем этапе эксперты указывали весомости этих факторов. Данный этап необходим для сравнения экспертных данных и данных, полученных методом расчета (Приложение А).

Согласно результатам экспертного опроса, наиболее важными являются такие факторы как:

1. Состав специалистов для ТО
2. Наличие оборудования для ТО
3. Место проведения ТО
4. Соблюдение сроков проведения ТО

Таблица 3.2 - Уточненный перечень факторов и их весомости

| Определяющие факторы | Весомости | Коэффициент вариации |
|------------------------------------|-----------|----------------------|
| | Расчетная | |
| 1. Состав специалистов для ТО | 0,201 | 0,19 |
| 2. Наличие оборудования для ТО | 0,310 | 0,27 |
| 3. Место проведения ТО | 0,477 | 0,32 |
| 4. Соблюдение сроков проведения ТО | 0,012 | 0,21 |

При использовании уточненных данных в исследуемых сельскохозяйственных предприятиях были собраны данные об определяющих факторах. Эти данные, необходимые для их оценки факторов, собирались в хозяйствах при изучении технической документации, осмотре материально-технической базы, наблюдении за ремонтными работами и обслуживанием тракторов, а также опросом инженерно-технических работников и механизаторов. Полученные таким образом данные сравниваются с нормативными, после чего определяется степень их соответствия.

Например рассмотрим определение уровня технического обслуживания трактора № 2 в ООО «Агрофирма Волжская» Лаишевского района.

Все определяющие факторы технического обслуживания тракторов оценивались по четырехбалльной шкале желательности Харрингтона (Приложение Б)

В данном хозяйстве техническое обслуживание проводится в отапливаемом помещении, в связи с этим, уровень определяющего фактора «Место проведения ТО» - 0,9; диагностическое оборудование старое – «Наличие оборудования для ТО и диагностирования» - 0,89; «Состав специалистов для проведения ТО и диагностирования»- обслуживает ремонтная бригада – 0,8; «Соблюдение сроков проведения ТО» - повседневный учет

наработки, имеется график ТО, отклонение от сроков не более $\pm 10\%$ - 0,9 .

Уровень технического обслуживания определяется по формуле (2.6):

$$y_{\text{ТО}} = 0,9 \cdot 0,45 + 0,89 \cdot 0,29 + 0,8 \cdot 0,19 + 0,9 \cdot 0,07 = 0,87$$

Уровень технического обслуживания (ООО Агрофирма Волжская Лаишевского района) равен 0,87.

Таким образом, определяли уровень технического обслуживания тракторов для всех хозяйств Лаишевского района.

В таблице 3.3. представлены результаты расчетов уровней технического обслуживания тракторов по хозяйствам Лаишевского района Республики Татарстан.

Таблица 3.3 - Среднее значение уровня технического обслуживания тракторов по хозяйствам

| № | Хозяйства РТ Лаишевского района | Уровень технического обслуживания |
|-------------------------------|---------------------------------|---|
| 1. | ООО «Агрофирма Волжская» | 0,87 |
| 2. | ООО «Хаерби» | 0,78 |
| 3. | Птицефабрика «Державинская» | 0,73 |
| 4. | ООО «Яратель» | 0,69 |
| Средний уровень по хозяйствам | | 0,76 |

По результатам подсчетов, уровень технического обслуживания по хозяйствам меняется от 0,69 (ООО «Яратель») до 0,87 (ООО «Агрофирма Волжская»).

Снижение уровня технического обслуживания возникает вследствие низкого качества технического обслуживания. Этому снижению способст-

вует отсутствие необходимого оборудования для проведения технического обслуживания.

3.8 Погрешность оценки уровня технического обслуживания тракторов

Согласно методике, изложенной в разделе 3.3, была найдена погрешность оценки уровня технического обслуживания техники. В таблице 3.4 показаны средние значения независимых переменных и стандартная ошибка дисперсии, которые были получены в результате проведенных расчетов по программе, а также табличное значение t (распределение Стьюдента). Эти данные служат для нахождения границ доверительного интервала, который определяется по формуле (3.4).

Таблица 3.4 - Данные для расчета доверительного интеграла

| Показатели | Кол-во параметров в уравнении | Стандартная ошибка | Табличное значение t -распределения | Среднее значение переменной | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | | | $\bar{\varphi}_1$ | $\bar{\varphi}_2$ | $\bar{\varphi}_3$ | $\bar{\varphi}_4$ | $\bar{\varphi}_5$ |
| Уровень технического обслуживания | 5 | 0,3 | 2,23 | 0,73 | 0,64 | 0,63 | 0,53 | 0,69 |

Известно, что с увеличением $(\varphi - \bar{\varphi})$, то есть по мере удаления от среднего значения $\bar{\varphi}$, точность оценки значительно снижается [96]. Наименее надежная оценка будет получаться для фактора φ , который максимально удален от среднего значения $\bar{\varphi}$.

В расчетах, как правило, доверительная вероятность принимается $(1-\alpha) = 0,90$.

Границы доверительных интервалов для значений, наиболее удаленных от среднего значения $\bar{\varphi}$, приведены в таблице 3.5

Таблица 3.5 - Границы доверительных интегралов

| Показатели | Уровень факторов наиболее удаленной точки | Границы доверительного интервала | |
|---------------------------------|---|----------------------------------|---------|
| | | нижняя | верхняя |
| Состав специалистов для ТО | 0,67 | 0,47 | 0,87 |
| Наличие оборудования для ТО | 0,62 | 0,51 | 0,72 |
| Место проведения ТО | 0,55 | 0,38 | 0,71 |
| Соблюдение сроков проведения ТО | 0,66 | 0,49 | 0,83 |

Исходя из таблицы следует, что с доверительной вероятностью 0,90 величина доверительного интеграла не превышает 6% от значения уровня определяющего фактора, рассчитанного по формуле (3.4).

3.9 Зависимости показателей надежности и эксплуатационных показателей тракторов от уровня их технического обслуживания

Годовая наработка является существенным показателем эксплуатации, который зависит от расхода ресурса тракторов. Как показано на рисунке 3.1, повышение уровня технического обслуживания от 0,5 до 0,9 приведет к повышению годовой наработки на 12,3 % , которая определяется зависимостью:

$$W_{\Gamma} = 5712,48 \cdot Y_{\text{ТО}} - 1421,32 - 3064,3 \cdot Y_{\text{ТО}}^2, \quad (3.7)$$

при этом коэффициент корреляции $R_{\Gamma} = 0,76$, $m_R = 0,24$;

где R_{Γ} – коэффициент корреляции;

m_R – ошибка коэффициента корреляции.

Так как годовой объем работы формируется из дневного, сменного объемов и зависит от количества отработанных трактородней и тракторосмен, то необходимо рассмотреть зависимости между вышеуказанными показателями и уровнем технического обслуживания. Количество отработанных трактородней и тракторосмен характеризуется зависимостями видов:

$$N_{\text{тд}} = 251,2 + 329,2 \cdot \lg Y_{\text{то}} , \quad (3.8)$$

$$N_{\text{тсм}} = 342,4 - 64,4 \cdot Y_{\text{то}}^{-1,49} , \quad (3.9)$$

при этом коэффициенты корреляции: $R_{\text{тд}} = 0,65$ и $m_R = 0,19$, $R_{\text{тсм}} = 0,67$ и $m_R = 0,21$.

Из рисунка 3.2 видно, что с ростом уровня технического обслуживания от 0,5 до 1,0 количество трактородней увеличивается от 152 до 251, т.е. на 39% и количество отработанных тракторосмен увеличивается от 161 до 278, т.е. на 42% (Приложение В).

Как показали результаты наблюдений, надежность трактора зависит от уровня технического обслуживания. Эта зависимость выражается в следующем:

K_r - коэффициент готовности

$$K_r = \frac{1}{(2,48 - 1,58 \cdot Y_{\text{то}})} , \quad (3.10)$$

при этом коэффициент корреляции $R_r = 0,81$, $m_R = 0,23$;

- коэффициент использования

$$K_{\text{и}} = 1,07 - 0,157 \cdot Y_{\text{то}}^{-1,43} , \quad (3.11)$$

при этом коэффициент корреляции $R_{и} = 0,72$, $m_R = 0,21$;

- наработка на отказ

$$T_0 = 2020,94 \cdot Y_{TO} - 636,03 - 1005,4 \cdot Y_{TO}^2, \quad (3.12)$$

при этом коэффициент корреляции $R_R = 0,73$, $m_R = 0,22$.

Из графиков зависимостей уровня технического обслуживания от коэффициента готовности (рисунок 3.3), от коэффициента использования (рисунок 3.4) и наработки на отказ (рисунок 3.5.) следует, что увеличение уровня технического обслуживания (Y_{TO}) от 0,5 до 1,0 приведет к повышению коэффициента готовности от 0,592 до 0,94, т.е. на 37 %, коэффициента использования от 0,58 до 0,92, т.е. на 36,9 %, а наработка на отказ повысится от 81,7 до 156,1, т.е. в 1,9 раза (Приложение Г).

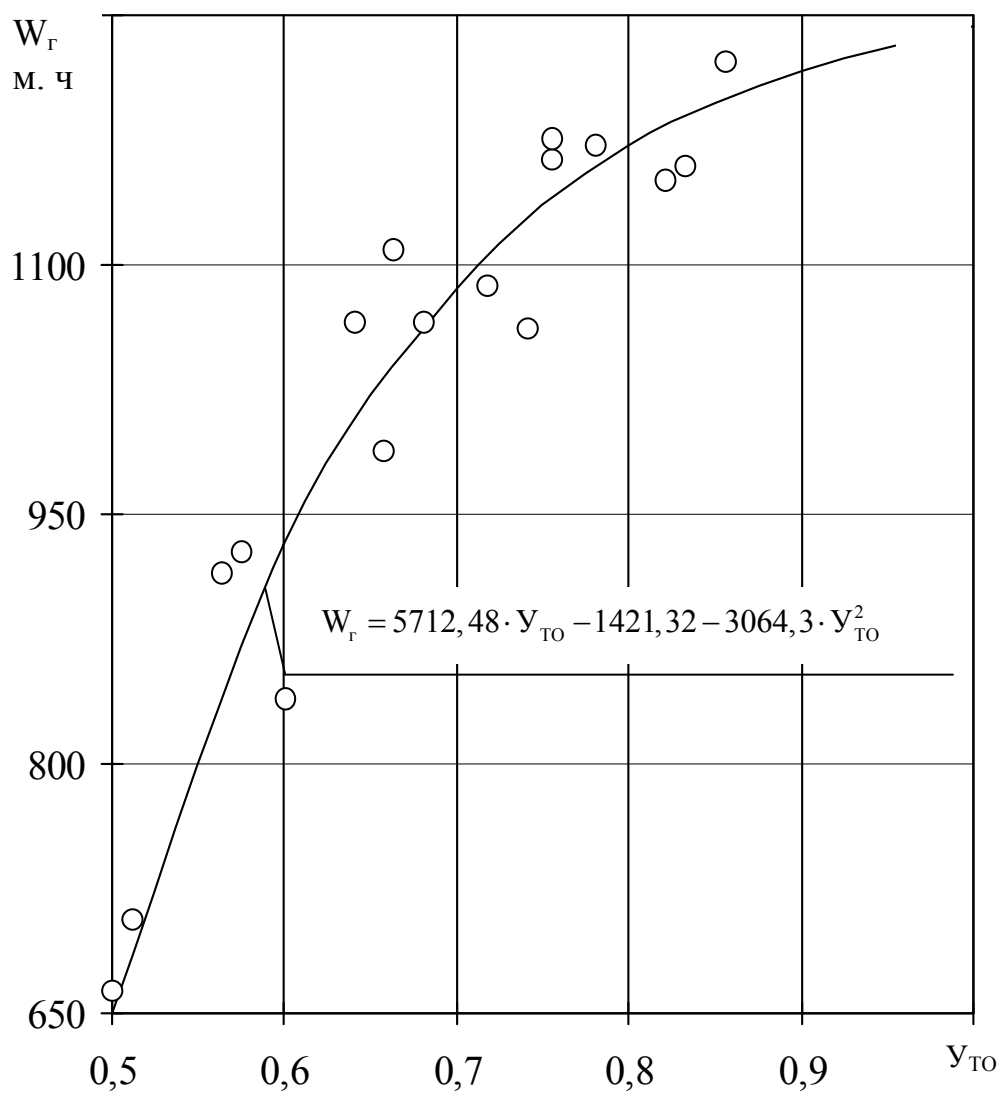


Рисунок 3.3 - Зависимость годовой наработки от уровня технического обслуживания тракторов МТЗ- 80, МТЗ- 82

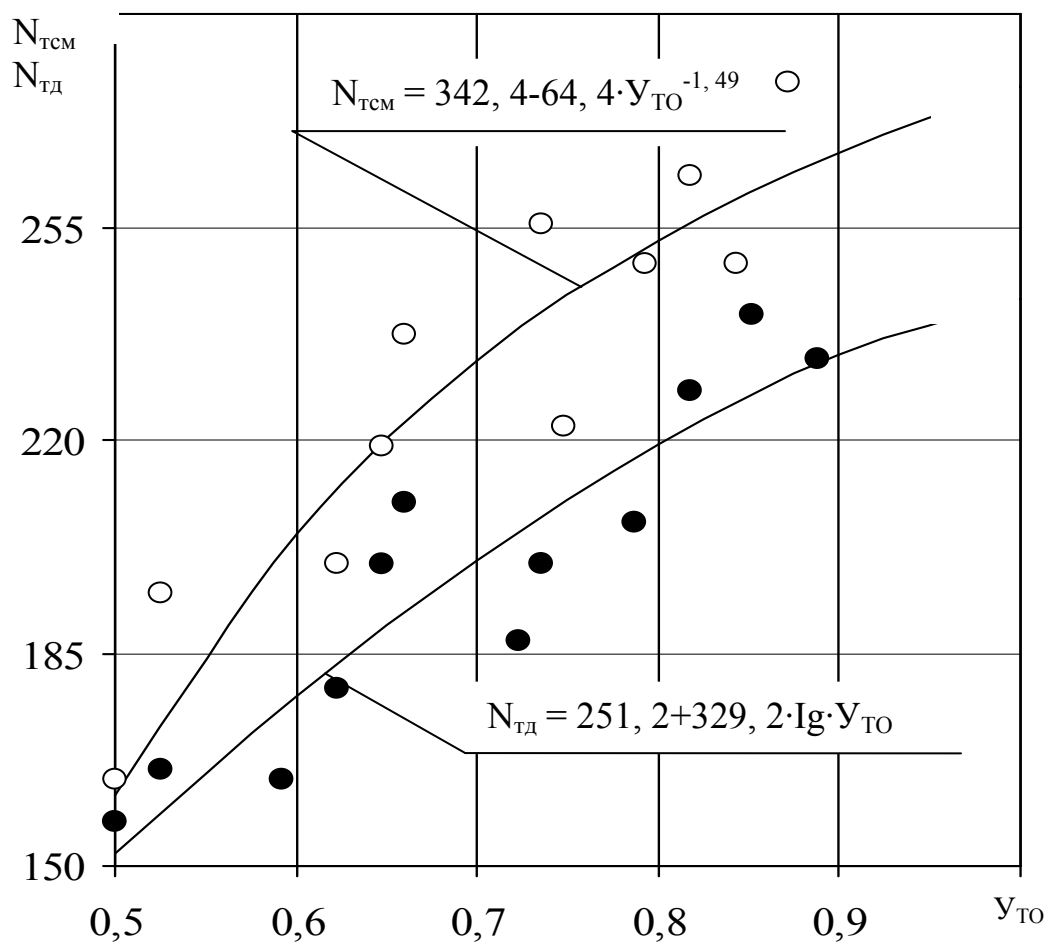


Рисунок 3.4 - Зависимость количества отработанных трактородней (N_{TD}) и тракторосмен (N_{TCM}) от уровня технического обслуживания тракторов МТЗ- 80, МТЗ- 82

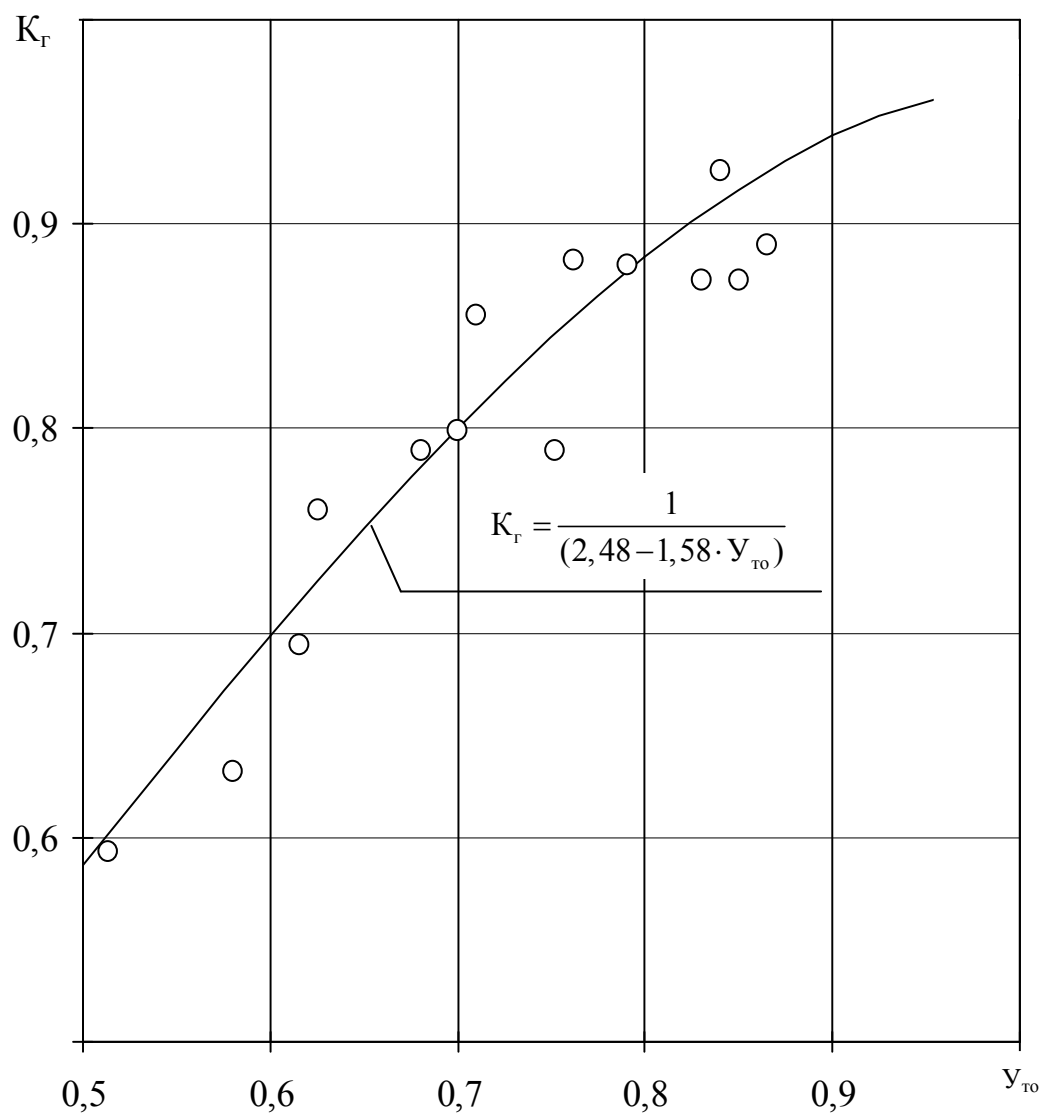


Рисунок 3.5 - Зависимость коэффициента готовности от уровня технического обслуживания тракторов МТЗ- 80, МТЗ- 82

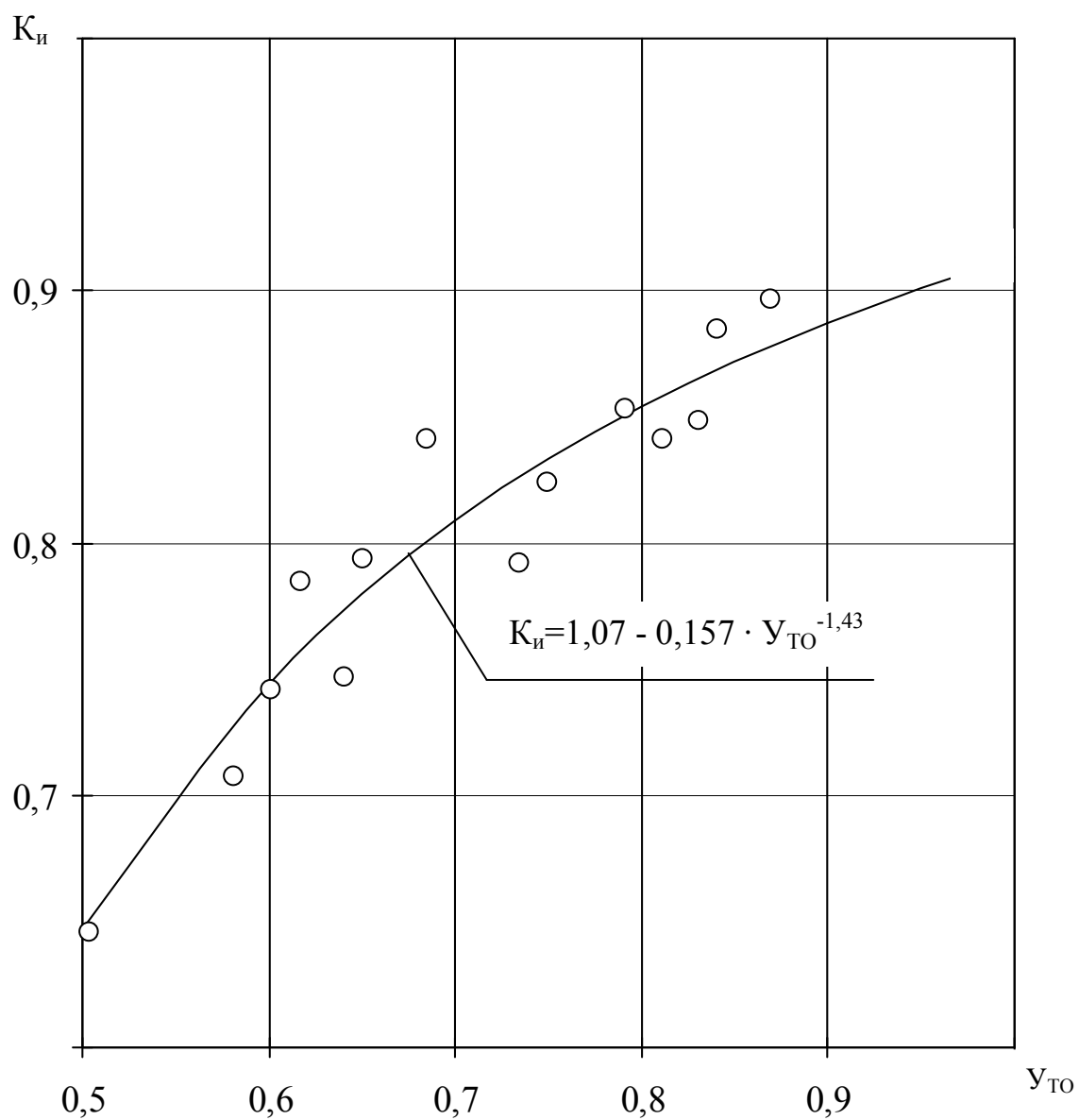


Рисунок 3.6 - Зависимость коэффициента использования от уровня технического обслуживания тракторов МТЗ- 80, МТЗ- 82

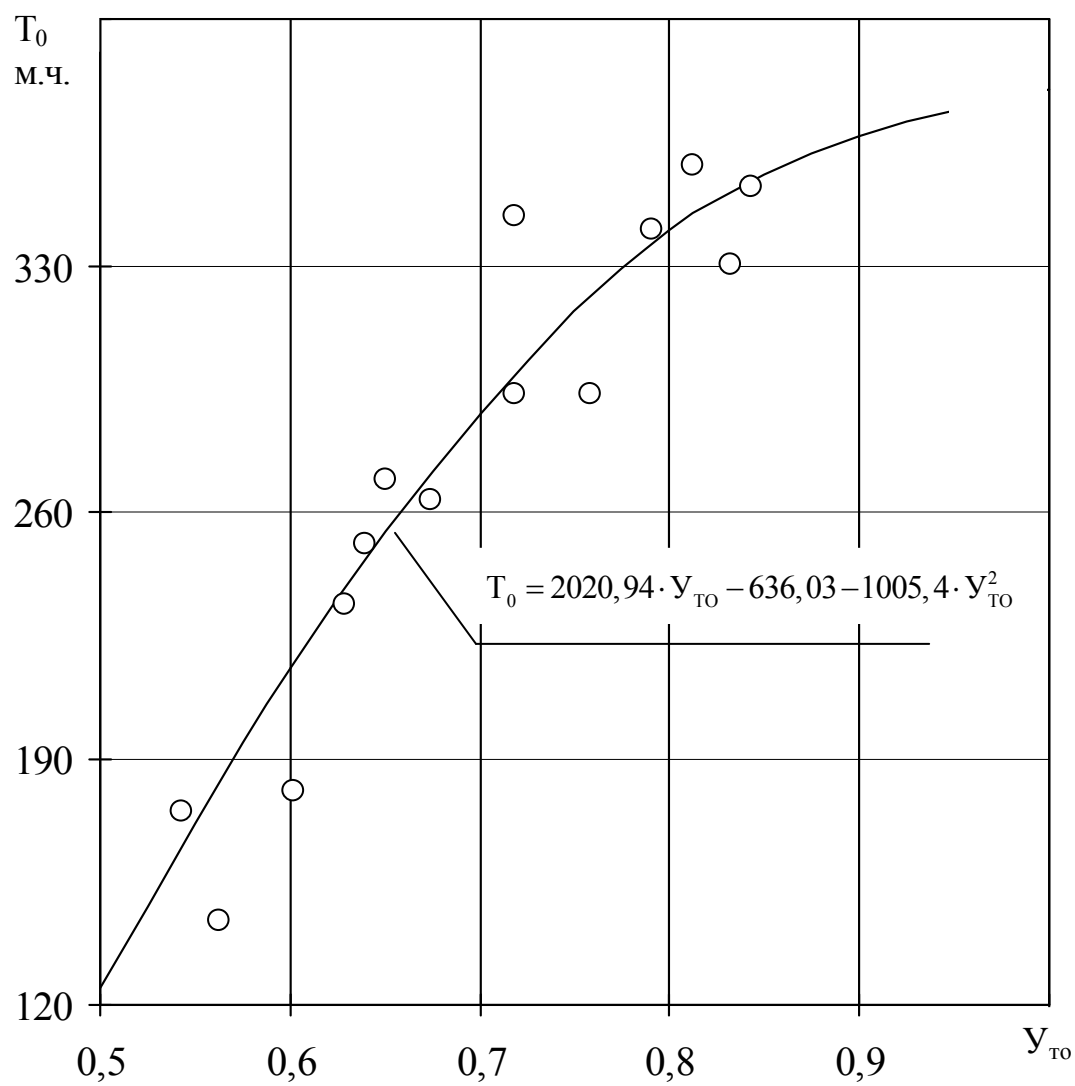


Рисунок 3.7 - Зависимость наработки на отказ от уровня технического обслуживания тракторов МТЗ- 80, МТЗ- 82

3.10 Проверка адекватности расчетных показателей эксплуатации тракторов фактическим

В разделе 3.5 показано, что проверка адекватности расчетных показателей эксплуатации тракторов фактическим сводится к сравнению фактических данных, полученных в хозяйствах по методике, указанной в разделе 3.3 и расчетных, вычисленных по формулам (3.7), (3.9), (3.10), (3.11). Фактические и расчетные данные, вычисленные по этим формулам, сведены в таблицу 3.6.

Таблица 3.6 - Данные для проверки адекватности

| Хозяйство | Уровень ТО | ПОКАЗАТЕЛИ | | | | | | | | | |
|--------------|------------|-------------------------|------|-------------------------|------|------------------------|-------|---------------------------|-------|--------------------------|-------|
| | | годовая наработка, м.ч. | | количество тракторосмен | | коэффициент готовности | | коэффициент использования | | наработка на отказ, м.ч. | |
| | | расч. | факт | расч. | факт | расч. | факт. | расч. | факт. | расч. | факт. |
| ООО «Йолдыз» | 0,73 | 1116 | 1182 | 240 | 223 | 0,75 | 0,81 | 0,82 | 0,83 | 303 | 296 |

Из таблицы 3.6 видно, что отклонение годовой наработки расчетных показателей от фактических составляет от 2,6 % до 9,5 %, отклонение расчетных показателей от фактических количества отработанных тракторосмен составляет от 1,6 % до 9,7 %, отклонение расчетных показателей от фактических коэффициента готовности составляет от 2,4 % до 11,8 %, отклонение расчетных показателей от фактических коэффициента использования составляет от 2,7 % до 11,1 %, отклонение расчетных показателей от фактических показателей наработки на отказ составляет 2,3 %.

В целом, на практике фактические показатели подтверждают влияние уровня технического обслуживания тракторов в размерах, установленных расчетным путем.

3.11 Рекомендации по определению уровня технического обслуживания тракторов

В результате проведенных исследований выявлено, что повышение эффективности использования техники сводится к улучшению уровня технического обслуживания.

Как указано в разделе 2.3 уровень технического обслуживания тракторов определяется методом последовательного определения.

Метод последовательного определения предполагает оценку уровней определяющих факторов, в связи с этим появляется возможность прогнозирования техника - экономических и эксплуатационных показателей.

Чтобы определить уровень технического обслуживания, необходимо оценить уровни определяющих факторов. Оценка определяющих факторов осуществляется по четырехбалльной шкале желательности Харрингтона и используя формулы. В таблице 3.7 приведены определяющие факторы технической эксплуатации и наименование документов бухгалтерской отчетности, по которым их оценивают.

Таблица 3.7 - Определяющие факторы и документы бухгалтерской отчетности для их оценки

| Определяющие факторы | Документы бухгалтерской отчетности |
|---|---|
| 1. Состав специалистов для ТО 2. Наличие оборудования для ТО 3. Место проведения ТО 4. Соблюдение сроков проведения ТО | Индивидуальная книга учета основных средств (форма ОС-6б) |

Оценка остальных определяющих факторов технической эксплуатации устанавливаются при помощи хронометража и опроса инженера-механика.

3.12 Определение последовательности повышения уровней факторов качества технического обслуживания

Определение последовательности повышения факторов качества технического обслуживания осуществляется путем расположения их по убыванию коэффициентов эффективности H_i (2.8) и расчетом коэффициентов вариаций каждого фактора V_i (2.9).

Значение показателей эффективности и коэффициентов вариации факторов, входящих в различные группы реализации в порядке убывания представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 - Значение показателей эффективности и коэффициентов вариации определяющих факторов

| № п / п | Наименование определяющего фактора | Среднее значение фактора по хозяйствам | Показатель эффективности | Показатель эффективности, в процентах % | Суммарный эффект нарастающим итогом, % | Коэффициент вариации |
|--|---|--|--------------------------|---|--|----------------------|
| 1. Проведение организационных мероприятий | | | | | | |
| 1 | Состав специалистов для ТО и диагностирования | 0,63 | 0,0169 | 19,2 | 53,9 | 0,279 |
| 2. Повышение дисциплины труда | | | | | | |
| 1 | Соблюдение сроков проведения ТО | 0,53 | 0,0078 | 18,4 | 81,6 | 0,189 |
| 3. Факторы, зависящие от дополнительных капитальных вложений | | | | | | |
| 1 | Место проведения ТО. | 0,73 | 0,0291 | 24,3 | 24,3 | 0,290 |
| 2 | Наличие оборудования для проведения ТО | 0,64 | 0,0250 | 20,9 | 45,2 | 0,181 |

Повышение уровня ТО тракторов до значения 1, которое является номинальным, следует провести путем расчета перечень определяющих факторов, уровни которых повышаются в первую очередь. Расчет по определению уровня технического обслуживания тракторов по формуле (2.6) производится повторно после каждого увеличения уровней факторов до единицы по списку, до тех пор, пока конечный результат не будет равен номинальному значению.

3.13. Экономический эффект от внедрения мероприятий по повышению эффективности технического обслуживания тракторов

Как указано в разделе 2.2.3, повышение эффективности эксплуатации тракторов сводится к оптимизации уровня технического обслуживания тракторов.

Используя разработанную математическую модель в диссертации Хусаинова Р.К. [58] по оптимизации сроков ремонта и службы тракторов были проведены расчеты по определению оптимальных значений доремонтной, межремонтной наработок и наработки до списания, результаты расчетов представлены в таблице 3.9.

Таблице 3.9 - Результаты реализации математической модели по определению оптимальных сроков ремонта и службы для номинального значения уровня технического обслуживания трактора ($Y_{то}=1$).

| № п.п | Показатели | Среднее значение | Рекомендуемые значения | Отношение рекомендуемого к среднему, % |
|-------|---------------------------|------------------|------------------------|--|
| 1. | Годовая наработка, м.ч. | 1061 | 1220 | 13 |
| 2. | Количество трактородней | 198 | 235 | 16 |
| 3. | Количество тракторосмен | 230 | 257 | 11,5 |
| 4. | Наработка на отказ, м.ч. | 279 | 355 | 21 |
| 5. | Коэффициент использования | 0,79 | 0,88 | 11,3 |

| продолжение таблицы 3.9 | | | | |
|-------------------------|--------------------------------|-------|-------|------|
| 6. | Коэффициент готовности | 0,74 | 0,87 | 14,7 |
| 7. | Доремонтная наработка, м.ч | 4850 | 5504 | 12 |
| 8. | Межремонтная наработка м.ч. | 8800 | 10147 | 14 |
| 9. | Нарботка до списания, м.ч. | 12087 | 13871 | 13 |

Из таблицы видно что, при повышении уровня технического обслуживания трактора до номинального значения (1) эксплуатационные показатели и показатели надежности трактора увеличиваются, а затраты от отказов и простоев уменьшаются, а так же значения ремонтных наработок увеличатся от среднего до оптимального значений: доремонтная – от 4765 до 5504 м.ч; межремонтная - от 8839 до 10147 м.ч., до списания - от 12087 до 13871 м.ч.

Годовой экономический эффект, приходящийся на один трактор, определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_T = (Z_6 + E_H \cdot K_6) - (Z_H + E_H \cdot K_H), \quad (3.13)$$

где Z_6 , Z_H - суммарные годовые затраты на приобретение и эксплуатацию трактора при базовом и новом варианте уровня эксплуатации, р.;

E_H - коэффициент народнохозяйственного эффекта;

K_6 , K_H - капиталовложения потребителя на создание ремонтной - обслуживающей базы при базовом и новом уровне эксплуатации, р.

В результате преобразований, формула (5.9) выглядит следующим образом:

$$\mathcal{E}_T = (Z_6 - Z_H) \cdot W_H - E_H (K_H - K_6), \quad (3.14)$$

где $З_н, З_б$ – суммарные удельные затраты на приобретение и эксплуатация тракторов при базовом и новом уровне, р/м.ч;

$W_н$ – годовая наработка трактора при новом уровне эксплуатации, м.ч.

Дополнительные капиталовложения определяют по формуле:

$$\Delta K = C_T \cdot \alpha \cdot \Delta Y_k \cdot E_n, \quad (3.15)$$

где C_T – стоимость техники, р.;

α – норматив капиталовложения в сельском хозяйстве;

ΔY_k – разность уровней факторов, зависящих от капиталовложений.

В конечном счете формула выглядит следующим образом:

$$\mathcal{E}_r = (З_б - З_н) \cdot W_н + E_n \cdot C_{дв} \cdot \alpha \cdot \Delta Y_k. \quad (3.16)$$

где $C_{дв}$ – стоимость двигателя, р.

Как показало в разделе 3.3, при базовом уровне эксплуатации удельные затраты на приобретение и эксплуатацию трактора МТЗ- 80, МТЗ- 82. равны 109,9 р/м.ч и при новом – 77,8 р/м.ч. При новом уровне эксплуатации годовая выработка равна 1300 м.ч.

Разность факторов третьей группы равна $\Delta Y_k = 1,0 - 0,7 = 0,3$.

Подставив значения в формулу (3.16), определяем годовой экономический эффект, приходящийся на один трактор МТЗ -80, МТЗ- 82:

$$\mathcal{E}_r = (109,9 - 77,8) \cdot 1300 - 0,15 \cdot 210000 \cdot 0,31 \cdot 0,3 = 38800,5 \text{ р.}$$

Расчетное значение экономического эффекта от повышения эффективности эксплуатации тракторов для условий Республики Татарстан составляет 38800,5 рублей в год на один трактор МТЗ – 80,82 (в ценах 2018 г.)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров. – М.: Экономика, 1982 -133 с.
2. Алехин А.В. и др. Влияние объема технического обслуживания на уровень безотказности тракторов. – В кн.: Повышение ремонтпригодности, эксплуатационной и ремонтной технологичности сельскохозяйственной техники. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции. – М., 1983. -С.96-98.
3. Алехин А.В. и др. Оптимизация объема технического обслуживания тракторов // Тракторы и сельхозмашины. –1984. № 12. – С.8-10.
4. Ананьин А.Д., Михлин В.М., Габитов И.И., Неговора А.В., Иванов А.С. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник для студентов высш. учеб. Заведений / [А.Д. Ананьин, В.М. Михлин, И.И. габитов и др.]. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 432 с.
5. Анилович В.Я. Некоторые математические модели оптимизации надежности. - Сб.тр./МИИСП, 1978, т.14, вып.12, с.26-37.
6. Антонец Д.А. Теоретические основы количественной оценки уровня эксплуатации тракторов // Техника в сельском хозяйстве. –1989. –№6. –С.16-19.
7. Антропович Н.А. Агроклиматические условия Татарской ССР. – Казань: Татарское книжное изд-во. 1959. – 152 с.
8. Арихипов В.С. Эксплуатационная надежность тракторов // Сельский механизатор. - 2014. - № 5 (63). С. 30-32.
9. Асп. Д.А. Александров, канд. техн. наук Л.Ю. Юферев (ГНУ ВИЭСХ). Применение систем электрохимической защиты в сельском хозяйстве.// Инновации в сельском хозяйстве. №1 - 2012, с. 14-19.
10. Бабаченко Л.А., Щукин А.Р. Оценка уровня эксплуатации тракторов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. –1985. –№1. –С.24-26.
11. Баженов С.П. Основы эксплуатации автомобилей и тракторов : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования /С.П.Баженов,

Б.Н.Казьмин, С.В.Носов ; под ред. С.П.Баженова.— М. : Издательский центр «Академия», 2014. — 384 с. —(Сер. Бакалавриат).

12. Барам Х.Г., Полуэктов Н.П. Экономические критерии поставки машин на капитальный ремонт // Сб.тр. ГОСНИТИ. –Т.60. –1979. –С.13-24.

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

14. Бессонов В. А. Трансформационный спад и структурные изменения в российском АПК // Научные труды. М., 2011. № 30.

15. Бураев М.К., Оловников И.В., Ильин П.И. Влияние уровня производственно- технической эксплуатации на техническое состояние машин и периодичность их обслуживания // Вестник ИрГСХА. - 2009. - № 35. С. 64-74.

16. Быков П.Л. Агроклиматический справочник по Татарской АССР. Л.: Гидрометеиздат, 1959. – 151 с.

17. Волков А.Е. Особенности эксплуатации трактора зимой. М.: «Колос», 1975. – 220 с.

18. Гайдар, Сергей Михайлович. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии и износа с применением нанотехнологий : диссертация доктора технических наук : Гайдар Сергей Михайлович - Москва, 2011.- 352 с.: ил.

19. Галиев И.Г. Обоснование сроков ремонта и службы тракторов с учетом условий их функционирования. //Труды Казанской государственной сельскохозяйственной академии (раздел: технических наук). Том 70. -Казань: Изд-во КГСХА, 2001. –С. 237-242.

20. Галиев И.Г. Определение весомости технологических операций и уровня расхода ресурса агрегатов и систем трактора / И.Г.Галиев, Р.К.Хусаинов // Вестник Казанского ГАУ. №3(25)-2012, с 74-77

21. Галиев И.Г., Хусаинов Р.К. Обеспечение работоспособности тракторов путем дифференциации их по сельскохозяйственным операциям //

Автомобиль и техносфера (Материалы VI международной научно-практической конференции). – Казань, 2011. – С. 278–280.

22. Галиев И.Г., Хусаинов Р.К. Общий подход к решению вопроса обеспечения работоспособности техники в АПК // Инновационное развитие агропромышленного комплекса. Том 78, часть 2. – Казань, 2011. – С. 266–269.

23. Галиев И.Г., Хусаинов Р.К. Определение весомости факторов и уровня эксплуатации тракторов // Роль технических наук в развитии общества: сборник статей Международной научно-практической конференции. – Уфа: Аэтерна, 2015. - 61. (с. 9-12)

24. Галиев И.Г., Хусаинов Р.К. Резервы повышения эффективности использования тракторов // Традиции, тенденции и перспективы в научных исследованиях (Материалы VI Международной студенческой научно-практической конференции). – Чистополь: Издательство ИНЭКА, 2011. – С. 214–216.

25. Галиев И.Г., Хусаинов Р.К., Хусаинова Т.А. Влияние качества технического обслуживания на работоспособность тракторов. /Условия развития сельского хозяйства в условиях глобального риска материалы научно-практической конференции – Казань: Изд-во Казанского ГАУ. – 2016 – 608 с.

26. Галиев И.Г., Гимадиев Р.М., Хусаинова Т.А. Анализ существующих методов определения сроков, объемов ремонта тракторов и оптимизация доремонтных, межремонтных наработок. /Агроинженерная наука XXI века. Труды региональной научнопрактической конференции. Научное издание. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2018. – 312-317 с

27. Галиев И. Г., Хусаинов Р. К., Хусаинова Т.А. Анализ факторов, влияющих на технико-экономические и эксплуатационные показатели тракторов в аграрном производстве. / Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса / Материалы международной научно-

практической конференции Института механизации и технического сервиса.
- Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2018. – 95-100 с

28. Галиев И. Г., Хусаинов Р. К., Хусаинова Т.А. Влияние уровня технического обслуживания тракторов на показатели их использования в аграрном производстве. / Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса / Материалы международной научно-практической конференции Института механизации и технического сервиса. - Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2018. – 100-105 с

29. ГОСТ 20831-75 Система технического обслуживания и ремонта техники. Порядок проведения работ по оценке качества отремонтированных изделий. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 21 с.

30. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 11 с.

31. Далматов Н.П. Повышение качества ремонта тракторов и автомобилей посредством диагностики // В сборнике: Совершенствование рабочих органов машин, технологии и организации производства работ в АПК материалы научно-практического семинара. 2009. С. 99-103.

32. Дмитриев Б.А. Новая система ремонта тракторов в Болгарии // Совершенствование методов организации ремонта и ТО МТП: Сб. науч. тр. /ГОСНИТИ. –М., 1975. – Ч. 1. –С. 68-72.

33. Елисеев А. Российский рынок сельхозтехники в 2013 году. Кто чего и сколько продал // Аграрное обозрение. - 2014. - №2.

34. Забродский В.М. Оценка качества хранения тракторов // Техника в сельском хозяйстве. –1983. –№ 3. –С.36-37.

35. Забродский В.М., Лышко Г.П., Топилин Г.Е. Оценка уровня эксплуатации тракторов по обобщенному показателю // Механизация и электрификация сельского хозяйства. –1982. –№ 11. –С.40-44.

36. Завора В.А. Основы технологии и расчета мобильных процессов растениеводства: учебное пособие / В.А. Завора, В.И. Толокольников, С.Н. Васильев. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. 263 с.
37. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1974. – 470 с.
38. Каплун Г.П. Оценка влияния технического обслуживания на ресурс машин // Сб. науч. тр. / ЦНИИМЭСХ. – Минск, 1978. – Вып. 15. – С. 171-182.
39. Колобов Н.В. Климатические условия Татарской АССР и их использование в сельском хозяйстве. – Казань: Татарское книжное изд-во, 1962. – 263 с.
40. Кугель Р.В. Долговечность автомобиля. Машгиз. М., 1961.
41. Лачуга Ю. Ф. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года // М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 80 с.
42. Луканина Т. Л., Михайлова И. С., Радин М. А. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии: учеб. пособие.– СПб.: СПбГТУРП, 2014. –85 с.
43. Маслов Г.Г. Техническая эксплуатация МТП. (Учебное пособие) /Маслов Г.Г., Карабаницкий А.П., Кочкин Е.А./ Кубанский государственный аграрный университет, 2008. – с.142
44. Методические указания по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рационализаторских предложений на предприятиях и в организация. Системы «Союзсельхозтехника». – М.: ЦНИИТЭИ Союзсельхозтехники СССР, 1978. – 91 с.
45. Методические указания. Оценка уровня технической эксплуатации тракторов. -М.: НАТИ. 1981.- 50 с.
46. Михлин В.М. Прогнозирование технического состояния машин.- М.: «Колос», 1976.- 283 с.

47. Моисеенков И.П. Уровень технического обслуживания и эффективность использования машинно-тракторного парка. – Сб.науч.тр./ТСХА, М., 1978, вып.237, с.92-95.

48. Прохоренков, В.Д. Защита от коррозии сельскохозяйственной техники отработанными маслами/В.Д. Прохоренков, Л.Г. Князева, А.И. Петрашев//Техника в сельском хозяйстве. -2006. -№ 5. -С. 18 -21.

49. Пучин Е.А. Хранение и противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальностям "Механизация сельского хозяйства" и "Технология обслуживания и ремонта машин в АПК" / Е. А. Пучин, С. М. Гайдар ; Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Московский гос. агроинженерный ун-т им. В. П. Горячкина". Москва, 2011.

50. Ретивин А.Г., Иванов В.В., Тихонов С.П. Повышение эффективности использования тракторов путем оптимизации уровня технической эксплуатации // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. - 2008. - № 5. С. 69-70.

51. «Российский трактор: реальность и перспективы», Тракторы и сельскохозяйственные машины, 2004. № 5. 21 с.

52. Соловьев В.Б. Факторы, определяющие работоспособность тракторов // Actualscience. 2015. Т. 1. № 5 (5). С. 72-74.

53. Соломкин А.П. Влияние качества обслуживания на надежность машин. – Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1977, №7, с.4-7.

54. Соломкин А.П. Трактору К-700- централизованное техническое обслуживание. –Техника в сельском хозяйстве, 1975, №3, с.59-61.

55. Соломкин А.П., Козак А.И. Оценка качества технического обслуживания. – Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1981, №11, с.43-46.

56. Стопалов С.Г. О сроке службы тракторов // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2012. № 6. С. 22-29.

57. Сыромятников А.И. Техническое обслуживание тракторов с реконструкцией стенда для обкатки водяных насосов тракторов МТЗ-80/82 // В сборнике: Молодые ученые - аграрной науке региона Научно-практическая конференция, посвященная 85-летию Ставропольского государственного аграрного университета. Ставропольский государственный аграрный университет. 2015. С. 96-99.

58. Хусаинов Р.К. Повышение эффективности эксплуатации тракторов в аграрном производстве с учетом условий их функционирования автореферат дис. ... кандидата технических наук / Башкир. гос. аграр. ун-т. Казань, 2016

59. Халфин М.А. Определение мехраномонтных сроков службы машин в сельском хозяйстве. –М.: «Колос», 1969.-239 с.

60. Хованский Г.С. Эффективный метод построения номограмм для произведения степенных функций. –М.: ВЦ АН СССР, 1959.-33 с.

61. Хранение и противокоррозионная защита техники учебно-методическое пособие/М.В. Данилов, Л.И. Высочкина, В.Х. Малиев, Д.Н. Сляднев, Р.М. Якубов; Ставропольский гос. аграрный ун-т. Ставрополь, 2015. 96 с.

62. Цуркан Д.А., Корзунин Ю.К., Расщупкин В.И. Повышение эксплуатационной надёжности машин//Омский научный вестник. -2010. -№ 2. -С. 113-115.

63. Черноиванов В. И. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. М. : ГОСНИТИ, 2003. 13 с.

64. Щельцин Н. А. Современное тракторостроение: итоги и перспективы, аналитический обзор 2009. 12 с.

65. Экономика сельского хозяйства : учебник / Г.А. Петранёва, Н.Я. Коваленко, А.Н. Романов, О.А. Моисеева ; под ред. проф. Г.А. Петранёвой. — М. : Альфа-М : ИНФРА-М, 2012. - 288 с. - (ПРОФИЛЬ).

66. Юдин М. И., Стукопин Н. И., Ширай О. Г. «Организация ремонтно-обслуживающего производства в сельском хозяйстве», Москва, «Колосс», 2008. 51 с.

67. Galiev I.G., Khusainov R.K. Tractors performance assurance by means of their differentiation on agricular function / Science and Education: materials of the IV international research and practice conference, Vol. I, Munich, Germany. 2013 - 396p. С. 86-89

68. Harrington E.C. Chem. Engng. Progr. 1963, 42 №59.

69. Harrington E.C. Industr. Quality control, 1965, 21, №10.

70. Jaybor J.S. A statistical theory ob depreciation. The Journal ob American Statistical Assotiation, December, 1923.

