

На правах рукописи

ХУСАИНОВ Раиль Камилевич

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАКТОРОВ
В АГРАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ИХ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

Специальность 05.20.01 – технологии и средства механизации
сельского хозяйства
05.20.03 – технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Казань 2016

Работа выполнена на кафедре инженерный менеджмент
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Казанский государственный аграрный университет» (ФГБОУ
ВО Казанский ГАУ)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор кафедры
инженерного менеджмента ФГБОУ ВО
«Казанский ГАУ» **Галиев Ильгиз Гакифович**

Официальные оппоненты: **Иншаков Александр Павлович**, доктор технических
наук, профессор, заведующий кафедры мобильных
энергетических средств, ФГБОУ ВО «Мордовский
государственный университет имени Н. П. Огарева»

Гафуров Ильдар Данилович, кандидат технических
наук, доцент, доцент кафедры автомобилей и машин-
но-тракторных комплексов ФГБОУ ВО «Башкирский
государственный аграрный университет»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образова-
тельное учреждение высшего образования «Вятская
государственная сельскохозяйственная академия»

Защита состоится « »

2016 г. в ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета ДМ 220.003.04
при ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, ФГБОУ ВО «Ульяновская ГСХА им. П.А.
Столыпина», ФГБОУ ВО Казанский ГАУ по адресу: 450001, г. Уфа, ул. 50 лет
Октября, 34, ауд. 257/3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Башкирский
ГАУ и на сайте http://www.bsau.ru/science/dissertation_council/d4/

Автореферат разослан « » 2016 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
д.т.н., профессор

Мударисов
Салават Гумерович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Природно-климатические условия, сезонность при выполнении механизированных работ, значительная стоимость машинно-тракторного агрегата, дефицит механизаторских кадров, снижение технической оснащенности с сокращением объемов производства продукции АПК предъявляют особые требования к эффективности эксплуатации тракторов.

Поэтому правомерным становится исследование, направленные не только на техническое перевооружение хозяйств, но и на повышение эффективности использования тракторов с учетом природно-климатических условий, характера выполнения групп работ и от степени выполнения операций по технической эксплуатации.

Эксплуатационная надежность трактора, определяющая его основные технико-экономические показатели при выполнении сельскохозяйственных операций, зависят от условий их функционирования.

Условия функционирования техники характеризуются: номенклатурой сельскохозяйственных работ на плановый период, природно-климатическими условиями, условиями технической эксплуатации и определяются комплексным параметром – уровнем эксплуатации тракторов. В зависимости от уровня эксплуатации будут меняться показатели использования тракторов. В связи с этим, эксплуатации техники должно проводиться в наиболее благоприятных условиях. Поэтому исследование этих вопросов представляет большой теоретический и практический интерес.

Степень разработанности. Исследователями не достаточно изучен вопрос по разработке эффективных эксплуатационных мер по реализации потенциальных возможностей техники, выявлению и использованию резервов сбережения трудовых и материальных ресурсов при производстве ремонтно-обслуживающих работ, позволяющих в значительной мере снизить уровень затрат на содержание машинно-тракторного парка. Так же, применение существующей системы ремонтно – обслуживающих воздействий не обеспечивают надежность функционирования производственных процессов растениеводства из-за отсутствия методов оптимизации межремонтных наработок тракторов с учетом многообразия меняющихся факторов.

Цель работы. Повышение эффективности и надежности эксплуатации тракторов с учетом дифференциации сельскохозяйственных работ, условий их выполнения и состояния технической эксплуатации.

Задачи исследования.

1. Разработать метод оценки условий функционирования тракторов в аграрном производстве.

2. Установить закономерности изменения показателей надежности, технико-экономических и эксплуатационных показателей в зависимости от состояния факторов технической эксплуатации и дифференциации сельскохозяйственных работ по тракторам, т.е. с учетом условий их функционирования.

3. Разработать математическую модель по обоснованию доремонтной, межремонтной наработки и срока службы двигателей тракторов по критерию минимума удельных затрат на их эксплуатацию с учетом условий функционирования техники.

4. Разработать мероприятия и практические рекомендации по повышению эффективности и надежности эксплуатации тракторов.

Объект исследований. Двигатель трактора в различных условиях функционирования.

Предмет исследований. Условия эксплуатации трактора в процессе выполнения механизированных работ в растениеводстве.

Методология и методика исследования. При выполнении диссертационной работы использовались стандартные методики исследования с применением методов математического моделирования. Разработана математическая модель определения оптимальных значений сроков ремонта и службы двигателей 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. Метод оценки уровня эксплуатации тракторов, определяющий состояния факторов технической эксплуатации и дифференциацию сельскохозяйственных работ по тракторам, т.е. условия их функционирования.

2. Математическая модель по определению оптимальных значений доремонтных, межремонтных наработок и наработки до списания двигателей с учетом условий функционирования тракторов.

3. Закономерности изменения показателей надежности, технико-экономических и эксплуатационных показателей в зависимости от уровня эксплуатации тракторов.

Теоретическая и практическая значимость работы.

1. Предложен метод определения уровня эксплуатации тракторов, определяющий условия их функционирования.

2. Разработана математическая модель по определению оптимальных значений доремонтных, межремонтных наработок и наработки до списания с учетом условий функционирования тракторов, при реализации которой получены оптимальные значения сроков ремонта и службы двигателей для различных значений уровня эксплуатации тракторов;

3. Определены закономерности изменения показателей надежности, технико-экономических, эксплуатационных показателей в зависимости от уровня эксплуатации тракторов;

4. Полученные результаты исследования внедрены в ООО «Семиречье» Лаишевского района РТ, в аграрном производстве Арского муниципального района РТ, а также в учебный процесс ФГБОУ ВО Казанского ГАУ.

Публикации. Основное содержание научной работы опубликовано: в 32 статьях, в том числе 6 – из перечня ведущих периодических изданий, определенных ВАК. Получено 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Апробация работы. Основные результаты диссертации обсуждены и одобрены на ежегодных научно - технических конференциях профессорско - преподавательского состава и сотрудников Казанского государственного аграрного университета в 2010-2016 г.г., VI-й международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера» (2011 г.); всероссийской научно-практической конференции «Повышение эффективности механизации сельскохозяйственного производства», посвященной 50-летию инженерного факультета ФГБОУ ВПО ЧГСХА, г. Чебоксары (2011 г.); по теме диссертации выполнен НИОКР в рамках конкурса «У.М.Н.И.К.» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (2012 г.); международной научно-практической конференции «Закономерности и тенденции развития науки в современном обществе», г. Уфа (2013 г.), международной научно-практической конференции «Роль технических наук в развитии общества», г. Уфа (2015 г.).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти разделов, выводов, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 169 страни-

цах машинописного текста, содержит 14 таблиц, 17 рисунков, список литературы из 168 наименований.

Степень достоверности результатов. Обоснованность полученных результатов обусловлена корректным использованием математического аппарата и адекватностью разработанной математической модели. Достоверность научных результатов и положений подтверждена экспериментальными исследованиями, которые проводились в условиях реальной эксплуатации тракторов. Погрешность оценки уровня эксплуатации тракторов с доверительной вероятностью 0,9 не превышает 6%, адекватность математической модели составляет 90,2%.

Вклад автора в проведенное исследование. Цель и задачи, математическая модель, результаты численных и экспериментальных исследований, их анализ, представленные в диссертации, выполнены при личном участии автора.

На защиту выносятся следующие основные положения.

Метод определения уровня эксплуатации тракторов, характеризующий условия их функционирования.

Закономерности изменения показателей надежности, технико-экономических и эксплуатационных показателей в зависимости от дифференциации сельскохозяйственных работ по тракторам с учетом условий функционирования и состояния трактора.

Математическая модель по определению оптимальных значений доремонтных, межремонтных наработки и наработки до списания двигателей с учетом условий функционирования тракторов.

Мероприятия по повышению эффективности эксплуатации тракторов.

Для этого созданы:

- программа для определения весомостей технологических операций и уровня расхода ресурса тракторов в хозяйстве;
- программа для повышения эффективности эксплуатации техники за счет дифференциации сельскохозяйственных работ по тракторам;
- программа для определения оптимального вида зависимости между меняющимся фактором и функцией отклика.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, ее новизна и практическая значимость, приведены цель и задачи исследований и краткая характеристика работы, а также изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе «Состояние вопроса и задачи исследования» рассмотрены вопросы состояния использования техники в аграрном производстве, влияния условий функционирования на использование тракторов в сельскохозяйственном производстве, рассмотрены методы определения уровня эксплуатации тракторов и его влияние на технико-экономические и эксплуатационные показатели, проанализированы исследования, направленные на оптимизацию сроков ремонта и службы техники.

Вопросам влияния условий функционирования на использование тракторов в сельскохозяйственном производстве посвящены работы многих авторов: Барам Х.Г., Полуэктов Н.П., Волков А.Е., Гольдман В.Г., Жук Н.П., Игнатьев Р.А., Иофинов С.А., Тошкинов Г.А., Придорогин В.К., Хованский Г.С., Шанина Н.Л., Галиев И.Г.

Учеными, такими как Анилович В.Я., Барам Х.Г., Бирков П.В., Гаврилов Ф.И., Гальперин А.С., Жукевич К.И., Кавалерчик К.М., Колегаев Р.Н., Колобов Н.В., Кучеренко В.П. и др. изучены и исследованы вопросы по оптимизацию сроков ремонта и службы техники.

Анализ работ показал, что тракторы, сельскохозяйственные машины в хозяйствах используются не на должном уровне и наблюдается тенденция дальнейшего снижения эффективности их использования.

По результатам литературного обзора определены цель и задачи исследования, а также сформулированы положения диссертации, выносимые на защиту.

Во втором разделе «Теоретические исследования по повышению эффективности использования тракторов» проведен анализ условий функционирования техники, обоснована перечень факторов, характеризующих условия эксплуатации тракторов, разработана методика определения весомости факторов и уровня эксплуатации тракторов и обоснованы мероприятия по её повышению, разработана математическая модель по оптимизации сроков ремонта и службы тракторов с учетом условий их функционирования. Состояние трактора в процессе его использования по назначению и под воздействием технических, эксплуатационных факторов и факторов окружающей среды, непрерывно изменяется. Изменение состояния трактора непосредственно влияет на эффективность и надежность эксплуатации техники и отражается на его технико-экономических и эксплуатационных показателях.

Повышение эффективности и надежности эксплуатации тракторов связано с обеспечением работоспособности техники в течение срока службы и требует определения совокупности факторов влияния динамических нагрузок при выполнении технологической операции, технической эксплуатации, ремонтно-обслуживающих воздействий, материально-технической базы, квалифицированных специалистов и нормативно-технической документации.

Номенклатура сельскохозяйственных работ на плановый период, по трудоемкости выполнения, т.е. удельному сопротивлению рабочих органов и глубине обработки почвы, разделена на 4 группы: 1-я группа работ (транспортные); 2-я группа работ (прикапывание, боронование и т.д.); 3-я группа работ (культивация, лущение стерни и т.д.); 4-я группа работ вспашка (рисунок 1). Дифференциация сельскохозяйственных работ по тракторам - это процент привлечения на те или иные группы работ конкретного трактора на плановый период, который определяется комплексным безразмерным показателем – уровнем дифференциации сельскохозяйственных работ. Весомости группы сельскохозяйственной работ – это показатель, определяющий степень влияния данной группы работ на расход ресурса агрегатов и систем трактора.

Состояние технической эксплуатации тракторов в хозяйстве определяется уровнем факторов технической эксплуатации. Уровень факторов технической эксплуатации тракторов определяется обобщенными и определяющими факторами. Состояние обобщенного фактора зависит от степени реализации определяющих факторов.

Природно-климатические условия определяются рельефом местности, количеством осадков, средней температурой воздуха, видом и связностью почвы. Они оказывают влияния на весомость групп сельскохозяйственных работ, весомость обобщенных и определяющих факторов, которые, в свою очередь, определяют уровень эксплуатации тракторов.

Комплексным безразмерным показателем, определяющим состояние эксплуатации трактора, является уровень эксплуатации трактора. Теоретический, уровень эксплуатации трактора может меняться от 0 до 1, что соответствует состояниям



Рисунок 1 – Влияния уровня эксплуатации тракторов на показатели их использования и надежности.

эксплуатации, при которых расход ресурса агрегатов трактора будет максимальным или минимальным.

Для уточнения перечня факторов и определения их весомостей используется, применяемый в теории квалиметрии, экспертный опрос специалистов ГОСТ-23554.1-79.

При определении показателя уровня эксплуатации тракторов наибольшая сложность заключается в количественной оценке факторов, так как каждый из них имеет свой физический смысл, свою размерность. Более рациональным способом получения количественных значений факторов является обобщенная функция желательности Харрингтона, который предполагает бальную систему оценки состояния факторов.

Аграрное производство, в части растениеводства, характеризуется возделыванием сельскохозяйственных культур, т.е. комплексом технологических операций по получению готовой продукции, связанные с использованием тракторов. Энергоемкими, ресурсоемкими операциями при возделывании культур является обработка почвы, посев зерновых и посадка картофеля.

В зависимости от удельного сопротивления сельскохозяйственной машины, глубины посева, посадки и обработки почвы выделены следующие группы воздействия на обрабатываемую почву: 1) транспортные работы - грунтовая поверхность, удельное сопротивление тележки с грузом 0,5 кН/м; 2) прикатывание - глубина обработки от 0 до 2 см, удельное сопротивление сельскохозяйственной машины от 0,8 кН/м (катки), боронование - глубина обработки от 2 до 6 см, удельное сопротивление сельскохозяйственной машины от 0,6 кН/м (бороны зубовые), посев зерновых культур глубина заделки от 2 до 4 см, удельное сопротивление сельскохозяйственной машины от 1,3 кН/м (сеялки зерновые); боронование - глубина обработки от 2 до 6 см, удельное сопротивление сельскохозяйственной машины от 1,7 кН/м (бороны дисковые); 3) культивация - глубина обработки от 6 до 12 см, удельное сопротивление сельскохозяйственной машины от 1,9 кН/м (культиваторы), лущение стерни - глубина обработки от 10 до 12 см, удельное

сопротивление сельскохозяйственной машины от 2,3 кН/м (луцильник дисковый); посадка картофеля глубина от 16 до 18 см, удельное сопротивление сельскохозяйственной машины от 3 кН/м (картофелесажалки), лущение стерни - глубина обработки от 10 до 18 см, удельное сопротивление сельскохозяйственной машины от 8 кН/м (луцильник лемешный); 4) вспашка - глубина обработки от 18 до 27 см, удельное сопротивление сельскохозяйственной машины от 45 кН/м² (плуг).

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод - с увеличением глубины обработки и удельного сопротивления почвы будут преобладать динамические нагрузки, что приводит к увеличению расхода ресурса агрегатов и систем трактора.

При определении уровня дифференциации сельскохозяйственных работ по тракторам важным моментом является оценка их весомостей.

Для определения весомости операций, нами предлагается воспользоваться методом теории математической статистики, который заключается в проведении регрессионного анализа результатов наблюдений. При этом величину весомости показывает – какая доля износа приходится на данную группу операций.

Для проведения регрессионного анализа первичные данные необходимо представить в виде матрицы:

$$\begin{matrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & \dots & d_{1m} & P_1 \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & \dots & d_{2m} & P_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{j1} & d_{j2} & d_{j3} & \dots & d_{jm} & P_n \end{matrix}, \quad (1)$$

где n - количество тракторов, шт; m - количество технологических групп сельскохозяйственных работ, шт; P - расход ресурса n -го двигателя трактора, м.ч, d_j - доли i -ой группы сельскохозяйственных работ, %..

Выводится уравнение регрессии вида:

$$a_1 d_1 + a_2 d_2 + \dots + a_i d_i = P, \quad (2)$$

где a_i - коэффициенты регрессии i -ой группы сельскохозяйственных работ;

Используя уравнение (2), можно определить степень влияния групп сельскохозяйственных работ v_i на выходной показатель P :

$$v_i = \frac{\bar{d}_i a_i}{\sum_{i=1}^m \bar{d}_i a_i}, \quad \sum_{i=1}^m \bar{d}_i = 1, \quad (3)$$

где v_i - весомость i -ой группы сельскохозяйственных работ;

\bar{d}_i - среднеарифметическое значение доли i -ой группы сельскохозяйственных работ;

a_i - коэффициент регрессии i -ой группы сельскохозяйственных работ.

Уровень дифференциации определяются по формуле:

$$Y_d = \sum_{i=1}^m \frac{d_i \cdot b_i}{b_1}, \quad (4)$$

где Y_d - обобщенный фактор уровня дифференциации групп сельскохозяйственных работ; d_i - доля i -ой группы сельскохозяйственных работ в общем объеме работ на плановый период; b_i - весомость i -ой группы сельскохозяйственных работ; b_1 - весомость технологической операции «работы 1-ой группы».

Таким образом, предлагается расчетный метод определения весомостей групп технологических операций, учитывающих дифференциацию сельскохозяйственных работ.

Для определения весомостей факторов технической эксплуатации необходимо провести регрессионный анализ, в связи с этим первичные данные необходимо представить в виде матрицы:

$$\begin{matrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} & \dots & \varphi_{1m} & T_{i1} \\ \varphi_{21} & \varphi_{21} & \varphi_{21} & \dots & \varphi_{2m} & T_{i2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varphi_{n1} & \varphi_{n1} & \varphi_{n1} & \dots & \varphi_{nm} & T_{in} \end{matrix}, \quad (5)$$

где m - количество определяющих факторов в j -м обобщенном; n - количество хозяйств, шт.; T_0 - наработка на отказ трактора, м.ч.

Выводится уравнение регрессии вида:

$$B_{1j}\varphi_{2j} + B_{2j}\varphi_{2j} + \dots + B_{ij}\varphi_{ij} = T_0, \quad (6)$$

где $B_{1j}, B_{2j} \dots B_{ij}$ - коэффициенты регрессии i -ой определяющих факторов, входящих в j -й обобщенный фактор; $\varphi_{2j}, \varphi_{2j} \dots \varphi_{ij}$ - уровни i -ой определяющих факторов, входящих в j -й обобщенный фактор.

Используя уравнение (6), можно определить степень влияния каждого определяющего фактора $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i$ на выходной показатель T_0 :

$$k_i = \frac{\overline{\varphi_i \hat{a}_i}}{\sum_{i=1}^m \overline{\varphi_i \hat{a}_i}}, \quad \sum_{i=1}^m K_i = 1, \quad (7)$$

где k_i - весомость i -го определяющего фактора; $\overline{\varphi_i}$ - среднеарифметическое значение уровня i -го определяющего фактора; v_i - коэффициент регрессии i -го определяющего фактора.

Уровни обобщенных факторов определяются для каждого хозяйства по формуле:

$$Y_j^0 = \sum_{i=1}^m \varphi_i k_i, \quad (8)$$

где Y_j^0 - уровень j -го обобщенного фактора.

Для определения весомостей обобщенных факторов аналогично, как при вычислении весомостей определяющих факторов составляется матрица:

$$\begin{matrix} Y_{11}^0 & Y_{12}^0 & \dots & Y_{1F}^0 & T_{o1} \\ Y_{21}^0 & Y_{22}^0 & \dots & Y_{2F}^0 & T_{o2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{n1}^0 & Y_{n2}^0 & \dots & Y_{nF}^0 & T_{oF} \end{matrix}, \quad (9)$$

где F - количество обобщенных факторов.

После проведения многофакторного анализа, весомости обобщенных факторов определяются по формуле:

$$Z_j^0 = \frac{B_j \overline{Y_j^0}}{\sum_{j=1}^F B_j \overline{Y_j^0}}, \quad \sum_{j=1}^F Z_j^0 = 1, \quad (10)$$

где $\overline{Y_j^0}$ - среднеарифметическое значение уровня j -го обобщенного фактора;

B_j - коэффициент регрессии j -го обобщенного фактора.

Уровень эксплуатации тракторов в хозяйствах находится из выражения:

$$Y_s = \sum_{j=1}^F Z_j Y_j^0 \quad (11)$$

Повышение уровня каждого обобщенного фактора технической эксплуатации осуществляется за счет повышения уровней определяющих факторов. Рациональной является последовательность повышения уровней факторов, которая обеспечивает наиболее быстрое повышение уровня каждой группы реализации, а соответственно и уровня эксплуатации тракторов.

Коэффициенты эффективности определяющих факторов вычисляются из формулы:

$$\eta_{ij} = (1 - \overline{\phi_{ij}}) Z_j^0 K_{ij} \quad (12)$$

где η_{ij} - коэффициент эффективности i -го определяющего фактора.

Коэффициенты вариации для каждого определяющего фактора определяются по формуле:

$$U_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\phi_{ij}}, \quad (13)$$

Определяющие факторы в каждой группе располагают в порядке убывания коэффициента эффективности η_{ij} . В первую очередь должны повышаться факторы, величины коэффициентов которых соответствуют условию:

$$\eta_{ij} \geq \frac{\sum \eta_{ij}}{m}, \quad (14)$$

Уровень обобщенного фактора «Дифференциация сельскохозяйственных работ по тракторам» целесообразно не повышать, а обосновывать. При этом следует исходить из целесообразности значения уровня дифференциации сельскохозяйственных работ, который связан с интенсивностью уменьшения затрат на устранение отказов и от простоев.

Условия функционирования оказывают влияние на интенсивность расхода ресурса и на технико-экономические показатели тракторов, через снижение затрат времени и средств на устранение отказов и от простоев, учет их, при оптимизации сроков ремонта и службы, имеет важное значение.

Целевая функция для определения оптимальных значений доремонтной, межремонтной наработок и наработки до списания выглядят следующим образом:

$$Y(T_{\text{дмс}}) = \frac{C_{\text{дв}} - S_n + \sum_{i=1}^4 C_i(T_{\text{дмс}})}{T_{\text{дмс}}} \rightarrow \min \quad (15)$$

где 1,2,3,4- соответственно затраты на техническое обслуживание, устранение последствий от отказа, замену агрегата и капитальный ремонт в течении доремонтного, межремонтного периодов и периода до списания, руб; T_d , T_m , T_c - соответственно доремонтная, межремонтная наработки и наработка до списания; $C_{\text{дв}}$ - стоимость нового двигателя, руб; S_n - остаточная стоимость трактора, руб;

После преобразований, целевая функция примет вид:

$$\begin{aligned} Y(T_{\text{дмс}}) = & (C_{\text{дв}} - S_n \cdot C_{\text{то}} \cdot T_{\text{дмс}} + K^{\text{нр}} [C_2^0(T_{\text{дмс}}) + 3_n \cdot t(T_{\text{дмс}})]) \cdot \\ & \cdot \left(\sum_{j=1}^J \frac{T_d}{T_{0dj}} + \frac{T_d \cdot (T_d - T_{jd})}{T_{mj} \cdot T_{0dj}} + \sum_{j=1}^J \frac{T_m}{T_{0mj}} + \frac{T_m \cdot (T_m - T_{jm})}{T_{mj} \cdot T_{0mj}} + \right. \\ & \left. + \sum_{j=1}^J \frac{T_c}{T_{0cj}} + \frac{T_c \cdot (T_c - T_{jm})}{T_{mj} \cdot T_{0cj}} \right) + \sum_{j=1}^J C_j \cdot n_j(T_{\text{дмс}}) + C_{\text{кр}} / T_{\text{дмс}} \rightarrow \min \quad (16) \end{aligned}$$

где $C_2^0(T_{\text{дмс}})$ - затраты на устранение последствий отказов i - ой группы сложности в ремонтных периодах, руб; $Z_{\text{п}}$ - потери продукции из-за часового простоя трактора по причине отказа, руб; $t(T_{\text{дмс}})$ - продолжительность простоя по причине отказа в ремонтные периоды, руб; $K^{\text{нр}}$ - коэффициент учитывающий снижение затрат от отказов и простоев в связи с оптимизацией интенсивности расхода ресурса, который зависит от повышения уровня эксплуатации тракторов; $T_{\text{од}j}$ - наработка на отказ j -го агрегата в доремонтном периоде, м.ч.; $T_{\text{м}j}$ - ресурс j -го обменного агрегата в межремонтном периоде, м.ч.; $T_{\text{д}j}$ - ресурс j -го обменного агрегата; C_j - затраты на замену j - го агрегата, руб; $n_j(T_{\text{дмс}})$ - количество замен j - го агрегата за межремонтные периоды.

При этом накладывается следующее ограничение:

$$U(T_{\text{д}}) > U(T_{\text{м}}) > U(T_{\text{с}}) \quad (17)$$

Для определение оптимальных значений $T_{\text{д}}$, $T_{\text{м}}$ и $T_{\text{с}}$ необходимо найти производные функции по этим параметрам, приравнять их к нулю и решить данную систему уравнений.

В третьем разделе «Методика экспериментальных исследований» приведена программа экспериментальных исследований, обоснование выбора объектов наблюдений, методика сбора и обработки информации, методика расчета наработки на отказ, определения остаточного ресурса и погрешности оценки уровня эксплуатации техники.

Целью исследований является - установление закономерностей влияния условий функционирования на эксплуатационные показатели техники и показатели надежности двигателя трактора.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи: 1) Определить эксплуатационные показатели и показатели надежности исследуемых тракторов, при выполнении различных видов групп сельскохозяйственных работ; 2) Определить перечни, весомости определяющих и обобщенных факторов, характеризующих условия функционирования тракторов.

Для решения поставленных задач, необходимо было выбрать агроклиматические, административные районы, хозяйства и трактора исследуемой марки.

Используя, бухгалтерские отчетности, в этих хозяйствах определялись коэффициент готовности, использования, коэффициент сменности, наработка на отказ, количество отработанных трактородней, тракторосмен, годовая наработка.

А также расчетным методом и методом экспертного опроса (ГОСТ-23554.0-79) определялись перечни, весомости факторов. Остаточный ресурс двигателя определялся методом диагностирования с использованием диагностических приборов, нормативно - справочных данных.

Сбор информации в условиях эксплуатации для оценки показателей надежности тракторов осуществлялся в соответствии с ОСТ 70.2.8-82.

В четвертом разделе «Результаты исследований» в соответствии с задачами экспериментальных исследований были определены эксплуатационные показатели и показатели надежности исследуемых тракторов при выполнении различных видов групп сельскохозяйственных работ, также были определены перечень, весомости определяющих и обобщенных факторов, характеризующие условия функционирования тракторов.

Для уточнения перечня обобщенных и определяющих факторов, которые характеризуют условия функционирования техники, был проведен экспертный опрос. Результаты экспертного опроса и расчетные показатели представлены в таблице 1.

Границы доверительных интервалов для значений, наиболее удаленных от среднего значения $\bar{\Phi}$, с доверительной вероятностью 0,90, величина доверительного интеграла не превышает 6% от значения уровня обобщенного фактора.

В результате совместной математической обработки показателей использования тракторов уровня их эксплуатации, были получены закономерности изменения годовой наработки, расхода ресурса, количества отработанных трактородней и тракторосмен.

торосмен, удельных затрат на устранение отказов доремонтном и межремонтном периодах, удельных затрат от простоев в зависимости от уровня эксплуатации тракторов.

Отклонение фактического значения от расчетного не превышает 9,8%. В целом, на практике фактические показатели подтверждают влияние уровня эксплуатации тракторов в размерах, установленных расчетным путем.

Таблица 1 - Уточненный перечень факторов и их весомости

Наименование обобщенного фактора	Весомости		Коэффициент вариации	Наименование определяющего фактора	Весомости		Коэффициент вариации
	Расчетная	Экспертная			Расчетная	Экспертная	
1. Дифференциация механизированных работ по тракторам	0,289	0,31	0,28	1.1. работы 1-ой группы (транспортные)	0,459	0,43	0,19
				1.2. работы 2-ой группы (каткование, боронование и т.д.)	0,339	0,32	0,24
				1.3. работы 3-ей группы (культивация, посев, дискование)	0,191	0,18	0,25
				1.4. работы 4-ой группы (основная обработка почвы)	0,011	0,07	0,31
2. Качество проведения технического обслуживания и диагностирования	0,274	0,24	0,12	2.1. Состав специалистов для ТО и диагностирования	0,201	0,19	0,19
				2.2. Наличие оборудования для ТО и диагностирования	0,310	0,29	0,27
				2.3. Место проведения ТО	0,477	0,45	0,32
				2.4. Соблюдение сроков проведения ТО	0,012	0,07	0,21
3. Качество проведения обкатки нового и отремонтированного трактора	0,099	0,18	0,20	3.1. Состав специалистов	0,361	0,34	0,28
				3.2. Соблюдение правила обкатки	0,190	0,23	0,23
				3.3. Место обкатки	0,449	0,43	0,11
4. Организация и качество ремонта	0,166	0,12	0,24	4.1. Место ремонта	0,434	0,41	0,31
				4.2. Состав специалистов	0,180	0,17	0,25
				4.3. Наличие передвижных ремонтных средств	0,238	0,28	0,24
				4.4. Качество выполнения ремонтных работ	0,148	0,14	0,18
5. Хранение, заправка и качество ТСМ	0,093	0,08	0,35	5.1. Сортамент ТСМ	0,216	0,23	0,17
				5.2. Хранение ТСМ	0,357	0,38	0,26
				5.3. Средство заправки топливом	0,200	0,19	0,22
				5.4. Контроль качества ТСМ	0,126	0,13	0,12
				5.5. Фильтрация топлива при заправке	0,101	0,07	0,23
6. Профессиональные особенности тракториста	0,079	0,06	0,15	6.1. Стаж работы	0,404	0,43	0,28
				6.2. Специальное образование	0,339	0,32	0,33
				6.3. Класс тракториста	0,126	0,13	0,15
				6.4. Отношение к технике	0,131	0,12	0,20

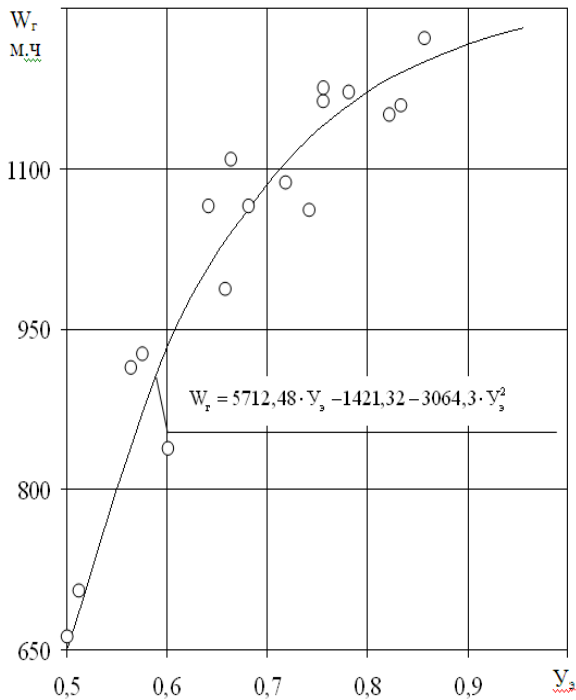


Рисунок 2 - Зависимость годовой наработки от уровня эксплуатации тракторов МТЗ-80, МТЗ-82

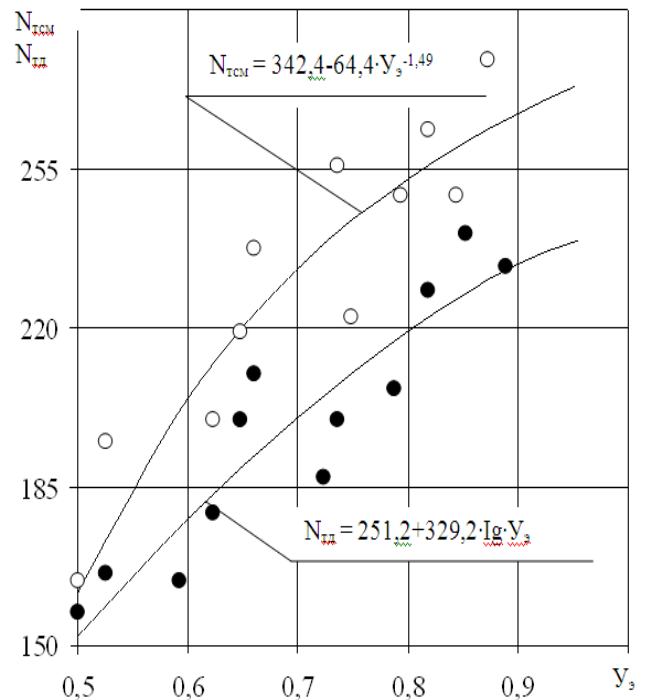


Рисунок 3 - Зависимость количества обработанных трактородней ($N_{ТД}$) и тракторосмен ($N_{ТСМ}$) от уровня эксплуатации тракторов МТЗ - 80, МТЗ - 82.

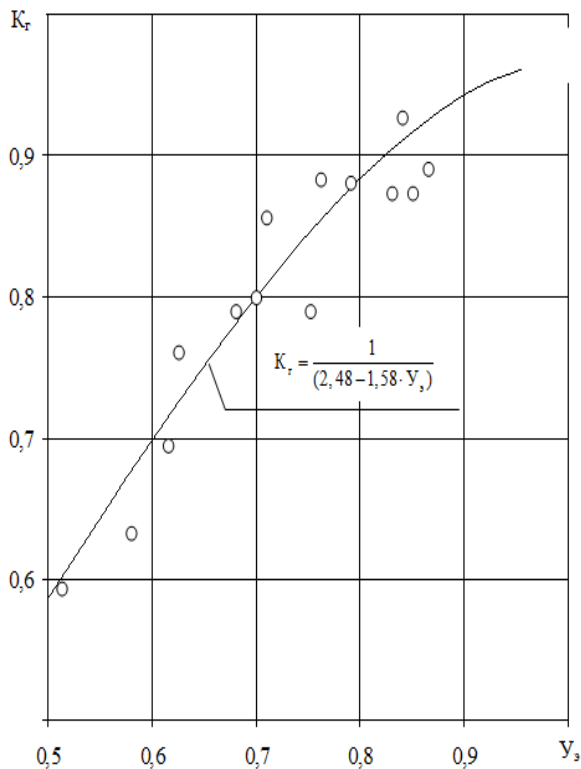


Рисунок 4 - Зависимость коэффициента готовности от уровня эксплуатации тракторов МТЗ - 80, МТЗ - 82

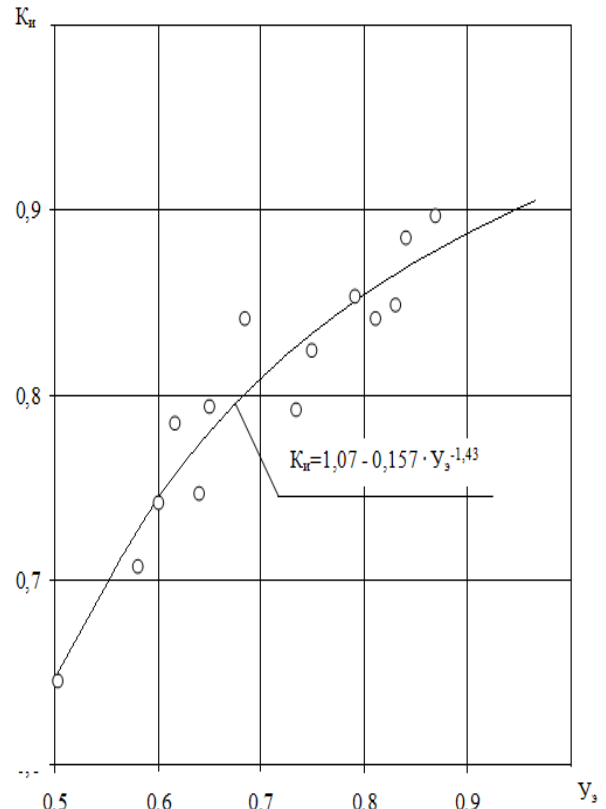


Рисунок 5 - Зависимость коэффициента использования от уровня эксплуатации тракторов МТЗ - 80, МТЗ - 82.

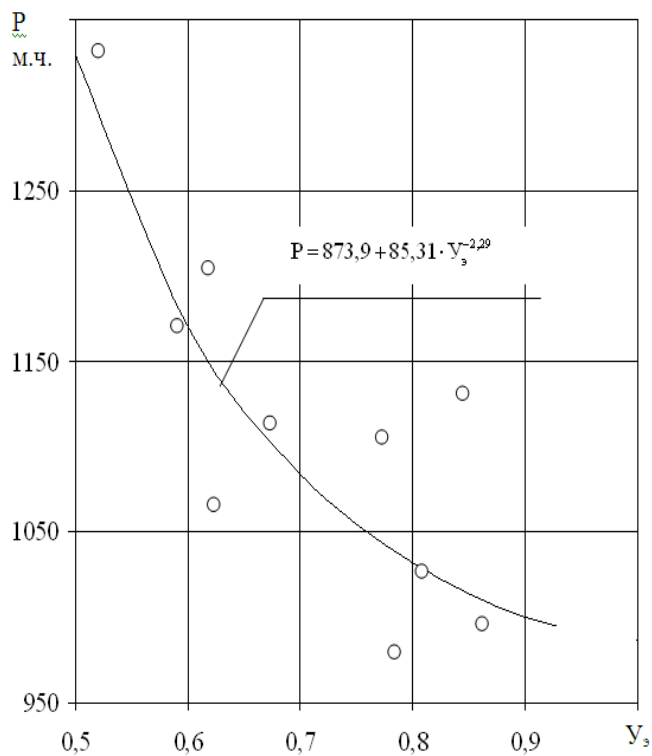


Рисунок 6 - Зависимость расхода ресурса двигателя от уровня эксплуатации тракторов МТЗ - 80, МТЗ - 82.

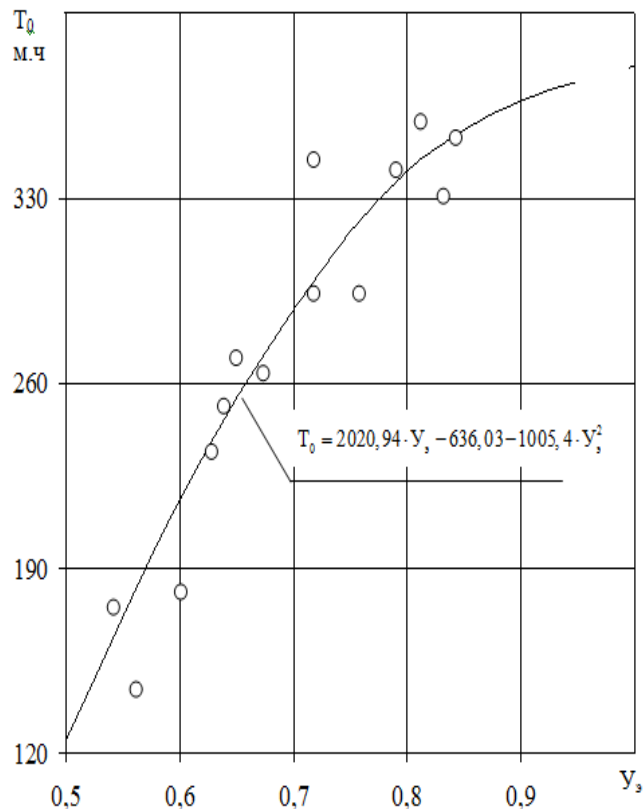


Рисунок 7 - Зависимость наработки на отказ двигателей от уровня эксплуатации тракторов МТЗ - 80, МТЗ - 82.

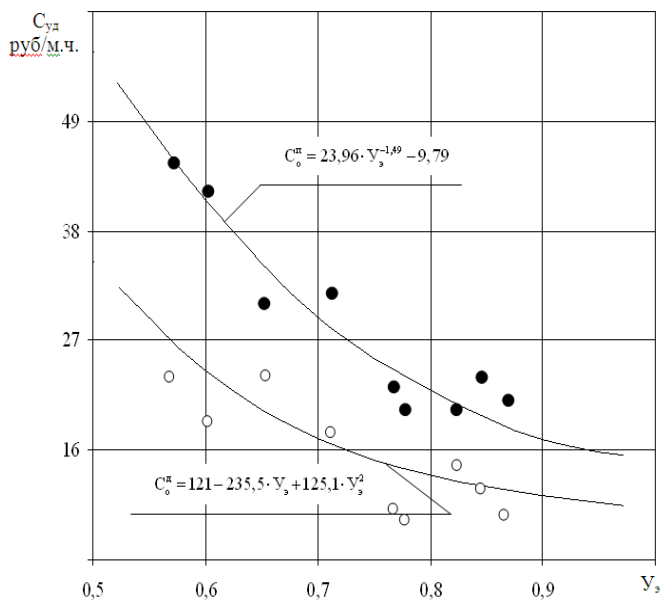


Рисунок 8 - Зависимость удельных затрат на устранение отказов от уровня эксплуатации тракторов двигателя МТЗ-80, МТЗ-82 в доремонтном и послеремонтном периодах.

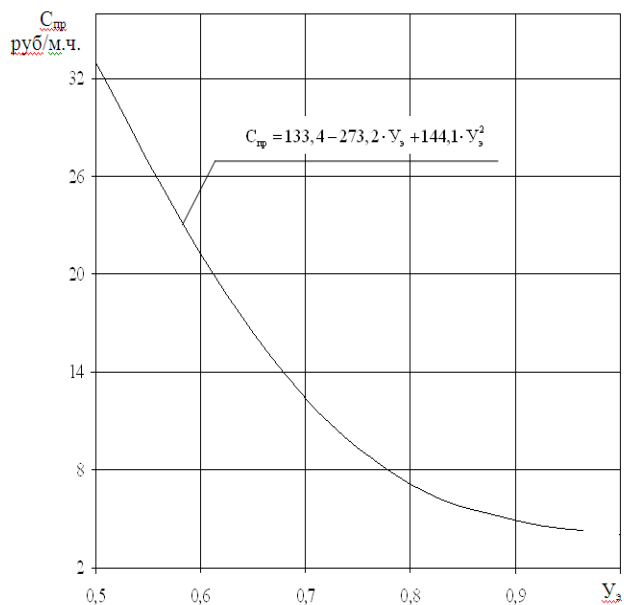


Рисунок 9 - Зависимость удельных затрат от простоев и уровня эксплуатации тракторов МТЗ-80, МТЗ-82 .

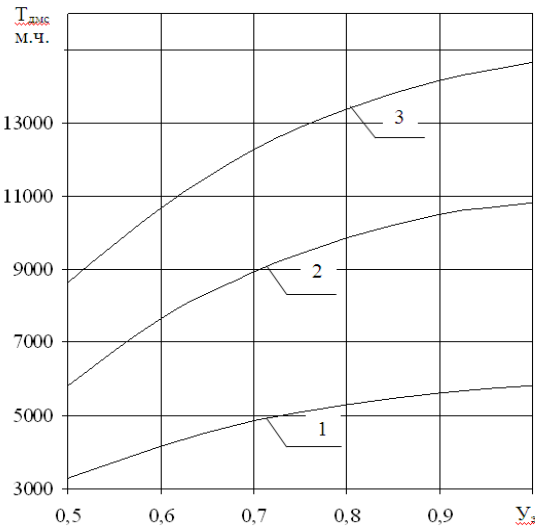


Рисунок 10 - Зависимость доремонтной, межремонтной наработки и наработки до списания двигателя от уровня эксплуатации тракторов МТЗ - 80, МТЗ - 82. 1 - оптимальные зависимости доремонтной наработки, 2 - оптимальные зависимости межремонтной наработки, 3 - оптимальные зависимости наработки до списания.

Проверка адекватности математической модели показал, что отклонение фактических и расчетных промежуточных значений удельных затрат не превышает 9,6 %.

В пятом разделе «Рекомендации производству и экономическая эффективность результатов исследований» приведены рекоменда-

ции по определению и оптимизации уровня эксплуатации тракторов, рекомендации по определению оптимальных значений сроков ремонта и службы тракторов и рассчитана экономическая эффективность мероприятий по улучшению условий функционирования тракторов.

В результате проведенных исследований, выявлено, что повышение эффективности использования техники сводится к улучшению условий её функционирования, т.е. в проведении мероприятий по оптимизации факторов технической эксплуатации и предложении различных вариантов дифференциации сельскохозяйственных работ по тракторам для оптимального значения уровня эксплуатации тракторов.

Целевая функция оптимизации факторов технической эксплуатации тракторов выглядит следующим образом:

$$C_{\text{фтрэ}} + 0,69 \cdot (C_{\text{пр}} + C_0) \rightarrow \min \quad (18)$$

После преобразования целевая функция примет вид:

$$\frac{0,55 \cdot Y_3 \cdot \alpha \cdot C_{\text{дв}}}{5712,48 \cdot Y_3 - 1421,32 - 3064,3 \cdot Y_3^2} + 0,69 \cdot (C_{\text{пр}} + C_0) \rightarrow \min \quad (19)$$

где $C_{\text{фтрэ}}$ - удельные затраты на повышение факторов технической эксплуатации тракторов, руб/м.ч; α - норматив капиталовложений в сельском хозяйстве; $C_{\text{пр}}$ - удельные затраты от простоев, руб/м.ч; C_0 - удельные затраты на устранение отказов, руб/м.ч.

Реализация целевой функции представлена на рисунке 11. Откуда видно, что оптимальным значением уровня факторов технической эксплуатации для Республики Татарстан 0,62. Были определены последовательности повышения определяющих факторов по группам их реализации, при этом среднее значение эффекта составляет – 62,6 %.

Целесообразное значение уровня дифференциации определялась исходя из расчетов интенсивности приуменьшения затрат от простоев и отказов в зависимости от процента привлечения тракторов на те или иные группы сельскохозяйственных работ. Условием определения оптимального значения уровня дифференциации является

$$\Delta_i = \frac{X_i \cdot 100}{\sum_{i=1}^n X_i} \leq 10\%, \quad (20)$$

где X_i – величина приуменьшения удельных затрат от отказов и от простоев с увеличением уровня дифференциации на 0,1; Δ - процент приуменьшения, %.

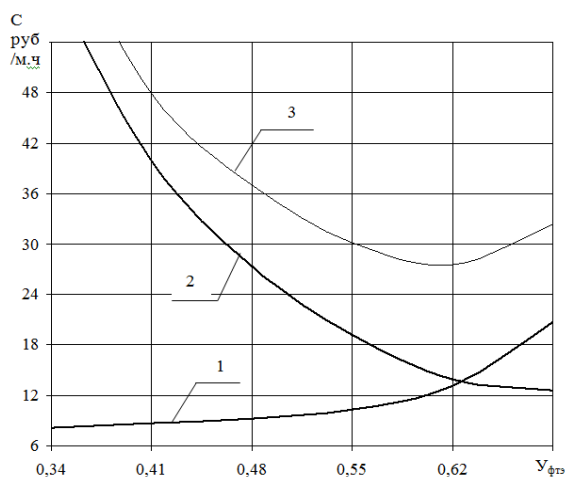


Рисунок 11 - График оптимизации уровня фактора технической эксплуатации тракторов МТЗ-80, МТЗ-82.

1 – затраты на повышение уровня фактора технической эксплуатации; 2 – доля удельных затрат от простоев и отказов приходящиеся на факторы технической эксплуатации; 3 – суммарные затраты.

работ по тракторам 0,24. В связи с этим для хозяйств РТ рекомендуется:

$$Y_э = Y_{фтэ} + Y_{диф} = 0,62 + 0,24 = 0,86. \quad (21)$$

Годовой экономический эффект, приходящийся на один трактор составит 38800,5 руб.

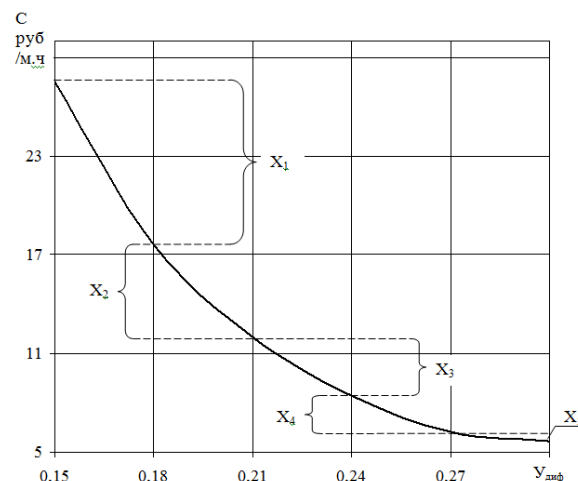


Рисунок 12 - График изменения удельных затрат от простоев и отказов, в зависимости от уровня дифференциации сельскохозяйственных работ.

Исходя из рисунка 12 видно что, $X_1=9,85$; $X_2=5,67$; $X_3=3,56$; $X_4=2,16$; $X_5=0,59$. Условие (27) удовлетворяется при уровне дифференциации сельскохозяйственных работ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На фоне снижения технической оснащённости аграрного производства и надёжности функционирования техники, возрастает проблема эффективности эксплуатации тракторов. Отсутствие методов оптимизации сроков ремонта и службы тракторов с учетом многообразия меняющихся факторов не обеспечивают достаточной надёжности их использования.

2. Состояние трактора в процессе его использования по назначению под воздействием условий функционирования, непрерывно изменяется. Условия функционирования тракторов определяется: номенклатурой сельскохозяйственных работ на плановый период, природно-климатическими условиями и условиями технической эксплуатации тракторов. Разработанный метод определения уровня эксплуатации тракторов, как комплексного безразмерного показателя условий функционирования, позволяет оценить состояние эксплуатации трактора в конкретном хозяйстве. Уровень эксплуатации тракторов характеризуется перечнем обобщенных и определяющих факторов, которые отражают условия технической эксплуатации, дифференциацию сельскохозяйственных работ по тракторам на плановый период и имеют весовости, величины которых зависят от степени влияния природно-климатических условий, условий выполнения групп работ и операций по технической эксплуатации на расход ресурса агрегатов техники. Установлено, что для условий республики Татарстан уровень эксплуатации техники определяется 6 обобщенными факторами: «Дифференциация механизированных работ по

тракторам», «Качество проведения технического обслуживания и диагностирования», «Качество обкатки нового и отремонтированного трактора», «Организация и качество ремонта», «Хранение, заправка и качество ТСМ», «Характеристика тракториста» и 24 определяющими факторами. Определенные доверительные интервалы, в наиболее удаленной от среднего уровня обобщенного фактора точке с доверительной вероятностью 0,9, не превышают 6%, что находится в допустимых пределах. Разработана программа на ЭВМ для расчета весоности определяющих, обобщенных факторов и уровня эксплуатации тракторов.

3. Полученные закономерности изменения технико-экономических и эксплуатационных показателей тракторов в зависимости от уровня их эксплуатации, позволили выявить (при изменении уровня эксплуатации тракторов в хозяйствах от 0,5 до 0,88): увеличивается - годовая наработка на 12,3%; количество отработанных трактородней на 39%, тракторосмен на 42%; коэффициент готовности от 0,59 до 0,94, т.е. на 37 %; коэффициент использования от 0,58 до 0,92, т.е. на 36,9 %, а наработка на отказ от 81,7 до 156,1, т.е. в 1,9 раза; уменьшается - удельные затраты на устранение отказов в до ремонтном периоде на 76% , а после ремонта на 74%; затраты от простоев от 33 до 6 руб./м.ч.

Проверка адекватности подтвердила влияние условий функционирования тракторов на технико-экономические и эксплуатационные показатели в размерах, установленных расчетным путем. Ошибка предсказания не превышает 11,8 %. Разработана программа на ЭВМ для определения оптимальных видов зависимостей по критерию минимума остаточной дисперсии.

4. Разработанная математическая модель оптимизации сроков ремонта и службы двигателя с учетом условий функционирования трактора позволила обосновать сроки проведения ремонтов и списания двигателя по критерию минимума удельных затрат на эксплуатацию. С повышением уровня эксплуатации тракторов от 0,5 до 1 оптимальные значения наработок повышаются: до первого ремонта от 3300 до 5800 м.ч; межремонтная наработка от 5834 до 10826 м.ч; до списания от 8642 до 14674 м.ч.

Проверка адекватности математической модели по промежуточным значениям удельных затрат на эксплуатацию, подтвердила адекватность математической модели реальным условиям эксплуатации двигателей трактора, при этом отклонение фактических значений от теоретических не превышает 9,6 %. Разработана программа на ЭВМ для определения оптимальных значений сроков ремонта и службы техники с учетом условий их функционирования

5. Разработанные мероприятия по повышению уровня эксплуатации тракторов, которые заключается в повышении уровня фактора технической эксплуатации до оптимального значения 0,62 и уровня дифференциации сельскохозяйственных работ по тракторам до целесообразного значения 0,24, позволили определить оптимальное значение уровня эксплуатации тракторов, для республики Татарстан - 0,86. Для этого предложены различные варианты процентов привлечения тракторов на различные группы работ и обоснована номенклатура определяющих факторов по группам их реализации, которых необходимо повысить до 1: «Факторы, повышение которых зависит от проведения организационных мероприятий» - 3, «Факторы, повышение которых зависит от дисциплины труда» - 3, «Факторы, повышение которых зависит от дополнительных капиталовложений» - 2, средняя сумма эффекта составляет – 62,6 %. Повышение уровня эксплуатации от среднего 0,67 до оптимального 0,86 следует осуществлять в два этапа. Первый этап проводится без дополнительных капитальных

вложений, во втором этапе предусматриваются дополнительные капитальные вложения.

6. Экономический эффект от повышения уровня эксплуатации тракторов для условий республики Татарстан составляет 38800,5 рублей в год на один трактор МТЗ – 80,82.

В перспективе исследования могут быть направлены по изучению влияния условий выполнения каждой сельскохозяйственной операции на расход ресурсов агрегатов и систем трактора и разработки мероприятий по назначению сроков и объемов ремонтно-обслуживающих воздействий в зависимости от вероятности возникновения отказа 3 группы сложности в течении 1000 м.ч., т.е. до очередного ТО-3.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

Всего автором по теме диссертации опубликовано 17 в т.ч. 3 свидетельства на программу ЭВМ.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Галиев И.Г., **Хусаинов Р.К.** Определение весомости технологических операций и уровня расхода ресурса агрегатов и систем трактора. Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – №3 (25). – С. 90–96.

2. Галиев И.Г., **Хусаинов Р.К.** Обоснование расхода ресурса агрегатов и систем трактора с учетом дифференцированного подхода при назначении технологических операций на плановый период. Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2013. – №2 (28). – С. 73-77.

3. Галиев И.Г., **Хусаинов Р.К.** Обоснование выбора варианта ремонтных воздействий с учетом интенсивности расхода ресурсов агрегатов трактора. Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2014. – №2 (32). – С. 68–71.

4. Галиев И.Г., **Хусаинов Р.К.** Определение перечня факторов, характеризующих условия эксплуатации тракторов. Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2015. – №3 (37). – С. 77–80.

Основные публикации в других изданиях

5. 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.

6. 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.

7. Галиев И.Г., **Хусаинов Р.К.** Дифференцированный подход в решении проблемы обеспечения работоспособности тракторов//Материалы всероссийской научно-практической конференции "Повышение эффективности механизации сельскохозяйственного производства", посвященной 50-летию инженерного факультета: Сборник научных трудов. – Чебоксары: ФГБОУ ВПО ЧГСХА, 2011. – 260 с. (с. 80–83)

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

9. **Хусаинов Р.К.**, Галиев И.Г., Яхин С.М. Обеспечение работоспособности тракторов в аграрном производстве путем обоснования выбора варианта ремонтных воздействий. Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Ресурсозберігаючі технології, матеріали обладнання у ремонтному виробництві. Випуск 133. Харків, 2013. с. 267-273.

10. Галиев И.Г., **Хусаинов Р.К.**, Голяков М.С. Повышение эффективности эксплуатации тракторов// Проблемы, идеи и инновации в агропромышленном комплексе: П78 международная научно-практическая конференция (г. Чистополь, 16-17 декабря 2013 г.) / под. ред. С.Н. Шарифуллина. - Казань: Казан. ун-т, 2014.-276 с. (с. 39-45)

11. Галиев И.Г., **Хусаинов Р.К.** Обоснование ремонтных воздействий с учетом расхода ресурсов агрегатов трактора // Инженерная наука - аграрному производству /Материалы международной научно–практической конференции Института механизации и технического сервиса. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2014. – С. 38–41.

12. **Хусаинов Р.К.** Обеспечение работоспособности техники в аграрном производстве с учетом интенсивности расхода ресурса их агрегатов / Materials of the X international and practical conference, "Trends of modern science", - 2014. - С. 8-12

13. Галиев И.Г., **Хусаинов Р.К.** Обоснование ремонтных воздействий с учетом расхода ресурсов агрегатов трактора // Инженерная наука - аграрному производству /Материалы международной научно–практической конференции Института механизации и технического сервиса. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2014. – С. 38–41.

14. 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)

Свидетельства

15. Галиев И.Г. Программа определения весомостей технологических операций и уровня расхода ресурса тракторов в хозяйстве /И.Г.Галиев, **Р.К.Хусаинов**// Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 13613219 от 05.02.2013 года.

16. Галиев И.Г. Повышение эффективности эксплуатации техники за счет дифференциации сельскохозяйственных работ по тракторам /И.Г.Галиев, **Р.К.Хусаинов**// Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013660622 от 12.11.2013 года.

17. Галиев И.Г. Программа определения оптимального вида зависимости между меняющимся фактором и функцией отклика /И.Г.Галиев, **Р.К.Хусаинов**// Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014662873 от 10.12.2014 года.

