

На правах рукописи

А. Шистеев

ШИСТЕЕВ Алексей Валерьевич

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ
ИНОСТРАННЫХ ТРАКТОРОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМЕННО-ОБМЕННЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ**

Специальность 05.20.03 – «Технологии и средства
технического обслуживания в сельском хозяйстве»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иркутск 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского».

Научный руководитель	Бураев Михаил Кондратьевич доктор технических наук, доцент
Официальные оппоненты	Озорнин Сергей Петрович доктор технических наук, профессор, член-корр. Российской академии естественных наук, профессор кафедры «Строительные и дорожные машины», ФГБОУ ВПО «Забайкальский государственный университет», г. Чита Коротких Владимир Владимирович кандидат технических наук, научный сотрудник ФГБНУ «Сибирский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства», СО РАН, г. Краснообск
Ведущая организация	ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Защита диссертации состоится «30» апреля 2016 г. в 14 00 часов на заседании диссертационного совета ДМ 212.039.06 при ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» по адресу: 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40 в, ВСГУТУ.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью, просим отправлять в адрес диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления».

Автореферат разослан « » 2016 г. и размещен на сайте ВСГУТУ « » 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент

 **Б.Д. Цыдендоржиев**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время в структуре машинно-тракторного парка сельхозпредприятий России все больший процент занимают машины и агрегаты иностранного производства, в том числе собранные на совместных предприятиях по лицензиям зарубежных фирм-производителей. Эти машины имеют ряд конструктивных и технологических преимуществ перед отечественной техникой и на фоне снижения поставок последних имеют спрос со стороны хозяйств. Анализ существующих источников показал, что зарубежная техника сложнее отечественной и требует новых организационных и технологических подходов к поддержанию ее в работоспособном состоянии. Наиболее важной задачей при этом является снижение времени простоев машин на техническом и ремонтном обслуживании, поскольку каждый час простоя этой дорогостоящей техники приводит к большим издержкам. По оценке НАТИ, средняя стоимость устранения одного отказа (поломки) зарубежного трактора в 3 - 5 раз выше, чем отечественного. Это связано, в числе многих причин, с неразвитостью системы технического сервиса, а также с тем, что многие хозяйства России укомплектовали свой парк подержанными импортными машинами, которым после достижения десятилетнего срока эксплуатации требуется более частый ремонт, вплоть до замены отдельных узлов.

Эксплуатация большого количества иностранной сельскохозяйственной техники без достаточно развитой системы технического сервиса создало проблему обеспечения эффективности процессов сервисного сопровождения.

Степень разработанности темы. Необходимость совершенствования системы технического сервиса машин и оборудования иностранного производства рассматривалась многими научными и проектными организациями учеными и практиками в разных отраслях народного хозяйства страны. В АПК эти вопросы исследовали в ГОСНИТИ, МГАУ им. В.П. Горячкина и др., в лесохозяйственной отрасли – Московский государственный университет леса, Санкт-Петербургская государственная лесотехническая академия и др., в автомобильной промышленности – НИИАТ (г. Москва), СибАДИ (г. Омск) и др. В работах А.П. Соломкина, Е.А. Пучина, М.И. Юдина, В.В. Варнакова, В.В. Быкова, впервые были изучены основы построения системы технического сервиса отдельных марок иностранных тракторов и другой техники для фермерских, садово-огороднических хозяйств и лесозаготовительных предприятий.

Одним из важных вопросов на всех этапах эволюции системы технического сервиса является обеспечение владельцев тракторов иностранного и совместного производства сменно-обменными запасными частями в гарантийный и послегарантийный период обслуживания. В настоящее время реальный спрос на сменно-обменные элементы для тракторов иностранного и совместного производства должным образом не изучается, а их нормативные запасы, регламентированные заводами-изготовителями, не соответствуют потребностям на местах.

В связи с этим решение задач, связанных с обеспечением работоспо-

способности тракторов иностранного и совместного производства в сельском хозяйстве на основе применения сменно-обменных элементов является своевременным и актуальным, имеет научное и практическое значение.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО «ИрГСХА - ИрГАУ» по направлению научных исследований, посвященному повышению качества технического сервиса сельскохозяйственной техники (№ государственной регистрации 01.2.00900778) и соответствует паспорту специальности 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве.

Объектом исследования является процесс технического сервиса сельскохозяйственных тракторов иностранного и совместного производства, эксплуатирующиеся в сельскохозяйственных предприятиях.

Предметом исследования являются закономерности и количественные оценки технического состояния и работоспособности тракторов иностранного и совместного производства при обеспечении сменно-обменными элементами.

Целью работы является обеспечение работоспособности иностранных сельскохозяйственных тракторов на основе применения сменно-обменных элементов при техническом сервисе.

Задачи исследований:

1. Исследовать и установить значимость факторов, влияющих на работоспособность сельскохозяйственных тракторов иностранного и совместного производства в процессе эксплуатации.

2. Установить взаимосвязь показателей эксплуатационной надежности и простоя сельскохозяйственных тракторов иностранного и совместного производства по техническим причинам.

3. Разработать модель обеспечения работоспособности сельскохозяйственных тракторов иностранного и совместного производства с применением сменно-обменных элементов при техническом сервисе.

4. Разработать рекомендации по обеспечению работоспособности сельскохозяйственных тракторов иностранного и совместного производства.

5. Дать технико-экономическую оценку эффективности проведенных исследований.

Научная новизна работы состоит в:

- разработке математической модели повышения уровня работоспособности тракторов иностранного и совместного производства с учетом критериев эксплуатационной надежности;

- установлении совместного влияния стратегии ремонта, продолжительности удельного простоя машин и потребности в заменах сменно-обменных элементов на работоспособность тракторов иностранного и совместного производства;

- в разработке математической модели потребности сменно-обменных элементов при техническом сервисе сельскохозяйственных тракторов иностранного и совместного производства.

Методы исследований. В работе использованы методы: вероятностно-

статистический, экспертный, теории надежности, математического моделирования.

Теоретическая и практическая значимость работы состоит в разработке методики корректировки и определения рациональной потребности сменно-обменных элементов для восстановления работоспособности зарубежной сельскохозяйственной техники. Результаты работы использованы при техническом сервисе машин в ЗАО «Иркутские семена», в ОАО «Луговое», в СХ ЗАО «Наследие» Иркутской области, в ООО «Агромастер-Красноярск», а также в учебном процессе Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского. Результаты исследований могут быть также использованы при совершенствовании подготовки механизаторских кадров.

Положения, выносимые на защиту:

- результаты оценки технического состояния сельскохозяйственных тракторов иностранного и совместного производства, эксплуатирующиеся в условиях Иркутской области, позволяющие определить параметры эксплуатационной надежности и превалирующие отказы, влияющие на работоспособность машин;

- модель управления работоспособностью тракторов и увеличения коэффициента технической готовности, позволяющая установить управляющие параметры стратегии ремонта, продолжительности удельного простоя машин и потребности в заменах сменно-обменных элементов;

- методика определения фонда сменно-обменных элементов при техническом сервисе сельскохозяйственных тракторов иностранного и совместного производства, позволяющая эффективно обеспечивать работоспособность техники.

Достоверность результатов исследований обеспечена теоретическим анализом фундаментальных методик и положений, применением теории планирования эксперимента и обработки экспериментальных данных, использованием современных компьютерных технологий, согласованностью теоретических и экспериментальных исследований.

Апробация работы. Результаты работы доложены на:

- научно-практических конференциях ИрГСХА (Иркутского ГАУ им. А.А. Ежевского) (2012 - 2015 гг.);

- научно-практической конференции с международным участием «Чтения И.П. Терских» (г. Иркутск, ИрГСХА, 2014 г.);

- научно-практических конференциях ППС ВСГУТУ (г. Улан-Удэ, 2013 - 2015 гг.);

- научно-практической конференции с международным участием, посвященной 80-летию ФГБОУ ВПО ИрГСХА (г. Иркутск, ИрГСХА, 2014 г.);

- международной научно-практической конференции «Климат, экология, сельское хозяйство Евразии» (г. Иркутск, ИрГСХА, 2014 г.);

- на региональных выставках «Агропромышленная неделя» (г. Иркутск, ОАО «Сибэкспоцентр», 2013 - 2014 гг.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликованы 9 печатных работ, в том числе 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Россий-

ской Федерации.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка использованных источников и приложений. Общий объем работы составляет 163 страницы, в том числе 27 рисунков, 19 таблиц. Список использованных источников состоит из 140 наименований, включая три зарубежных источника.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы; сформулированы цель и задачи исследований, а также научная новизна и основные положения, выносимые на защиту, а также дана краткая аннотация работы.

В первой главе «Состояние вопроса и задачи исследований» приведены результаты анализа особенностей технического сервиса импортной сельскохозяйственной техники в АПК России. Отмечено, что на полях сельхозтоваропроизводителей все большее широкое применение находит зарубежная техника. Среди тракторов, комбайнов, почвообрабатывающих и кормозаготовительных машин импортной техники более 30 %. Импортные машины стабильно пользуется высоким спросом, несмотря на то, что их стоимость в 3 - 5 раз выше, чем стоимость отечественной техники высокого уровня (с использованием 10 - 15 % импортных комплектующих). Цена собранных в России машин зарубежных фирм (совместное с инофирмами производство современных машин) ниже стоимости зарубежных аналогов уже только на 15 - 30 %. Однако и в этом случае они вдвое больше цен на отечественные машины. В исследованиях импортной техники все большее значение приобретает системный подход, дающий возможность рассматривать объект исследования с учетом влияния различий в состояниях, индивидуальных качеств машин, а также ряда других факторов, формирующихся в данных условиях эксплуатации. Важным условием повышения работоспособности зарубежной сельскохозяйственной техники является эффективная система технического сервиса и рациональные методы ремонта и технического обслуживания машин.

Теоретические основы совершенствования технического сервиса сельскохозяйственной техники заложены в трудах отечественных ученых Ю.Н. Артемьева, С.М. Бабусенко, Ю.А. Конкина, Н.В. Краснощекова, В.М. Кряжкова, И.С. Левитского, В.П. Лялякина, В.М. Михлина, М.Я. Рассказова, А.Э. Северного, А.И. Селиванова, И.П. Терских, И.Е. Ульмана, С.С. Черепанова, В.И. Черноиванова, М.И. Юдина и других. Развитие организационных и технологических вопросов технического сервиса импортных машин получило в работах А.П. Соломкина, В.В. Варнакова, Е.А. Пучина, С.П. Озорнина, И.И. Габитова и других. Отмечено что, несмотря на относительно высокую надежность импортных машин, наблюдается тенденция нарастания как простых, так и сложных отказов после третьего года их службы. При этом недостаточно развита сеть дилерских предприятий и невысока их эффективность с точки зрения потребителя. Развитие производственной базы технического сервиса

также требует новых подходов.

Обеспечение работоспособности машин на основе замены отказавших элементов новыми или отремонтированными из числа сменно-обменных и обоснование критериев и показателей, характеризующих объективное представление и теоретические подходы к решению этой проблемы на сельскохозяйственных предприятиях пока не нашли широкого применения.

Во второй главе «Теоретические предпосылки обеспечения работоспособности сельскохозяйственных тракторов иностранного и совместного производства применением сменно-обменных элементов при техническом сервисе» процесс обеспечения работоспособности тракторов моделируется как случайный, зависящий от состояния машины.

Состояние машины, как результат одновременно протекающих процессов ее старения и восстановления, представлено на рисунке 1, схематично показывающем поток отказов и замен элементов, где эксплуатация каждого элемента начинается с момента отказа и замены предыдущего (рисунок 1).

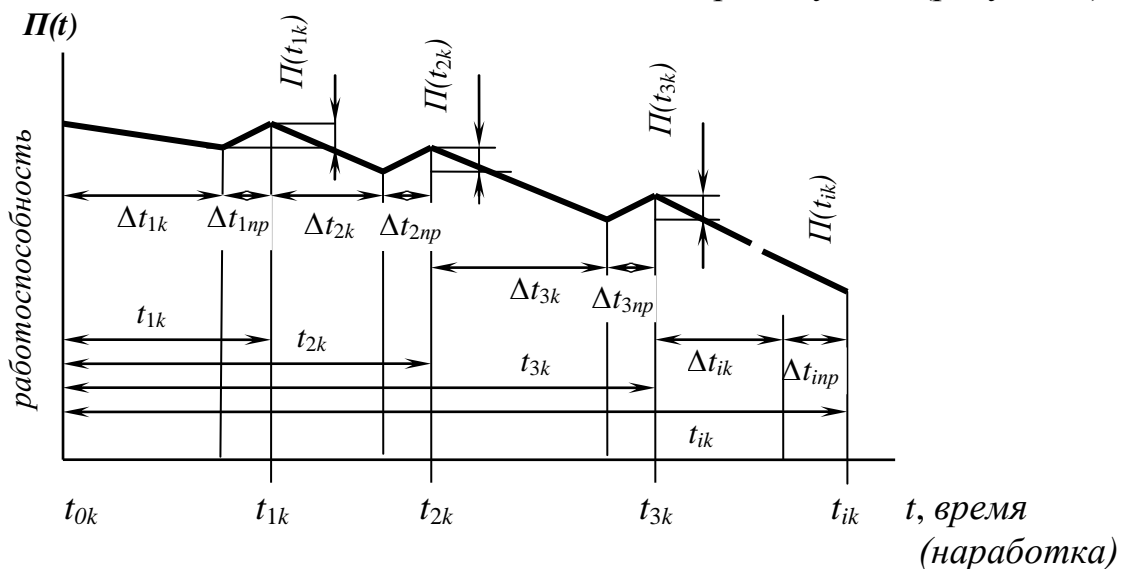


Рисунок 1 – Линии реализации случайной ситуации при k -ом отказе и замены элемента трактора

В качестве модели одновременно протекающих процессов старения и восстановления, обычно используют соотношение

$$П(t) = П_n F(t) + \frac{1}{x_{np}} П_p \int_0^t \frac{F(t)}{F(u)} du, \quad (1)$$

где $П(t)$ – потенциал работоспособности;

$П_n$ – уровень потенциальной работоспособности;

x_{np} – средняя наработка на отказ, определяющая надежность машины, условия эксплуатации, а также качество проведения ТО и ремонта, ч;

$П_p$ – уровень реальной работоспособности в результате ремонтных воздействий;

$F(t)$ – функция, отражающая характер старения машины;

$F(u)$ – функция моментов ремонтных воздействий.

Случайная ситуация, сложившаяся в k -м опыте (ситуации) для элемента данного наименования показывает, что система начинает свою рабо-

ту в момент времени $t = 0$ и, отработав случайное время Δt_{1k} , выходит из строя в момент $t_{1k} = \Delta t_{1k}$. В этот момент система восстанавливается со временем Δt_{1np} – (элемент заменяется) и снова работает случайное время Δt_{2k} . По истечении некоторого времени система (элемент) вновь выходит из строя в момент

$$t_{2k} = \Delta t_{1k} + \Delta t_{1np} + \Delta t_{2k} = t_{1k} + \Delta t_{1np} + \Delta t_{2k} \quad (2)$$

и вновь восстанавливается со временем Δt_{2np} . Интервалы времени между отказами $\Delta t_{1k}, \Delta t_{2k}, \dots, \Delta t_{ik}$ представляют собой систему взаимно независимых случайных величин с плотностями распределения наработок между отказами $f(\Delta t_1), f(\Delta t_2), f(\Delta t_3), \dots, f(\Delta t_p)$, среднее значение которого представляет среднюю наработку на отказ \bar{x}_{npi} .

Моменты отказов и восстановлений образуют в каждом k -м опыте (испытании) ряд чисел по следующему правилу

$$\begin{aligned} t_{1k} &= \Delta t_{1k} + \Delta t_{1np}, \\ t_{2k} &= t_{1k} + \Delta t_{1np} + \Delta t_{2k} + \Delta t_{2np}, \\ t_{3k} &= t_{1k} + \Delta t_{1np} + \Delta t_{2k} + \Delta t_{2np} + \Delta t_{3k} + \Delta t_{3np} = t_{2k} + \Delta t_{3k} + \Delta t_{3np} \end{aligned} \quad (3)$$

$$t_{ik} = \Delta t_{1k} + \Delta t_{1np} + \Delta t_{2k} + \Delta t_{2np} + \Delta t_{3k} + \Delta t_{3np} + \Delta t_{ik} + \Delta t_{inp} = t_{(i-1)k} + \Delta t_{ik} + \Delta t_{inp},$$

где t_{ik} – время работы машины до i -го отказа и восстановления ее работоспособности в k -м опыте, мото-ч, $i = 1, p; k = 1, n$;

Δt_{ik} – время работы (наработка) элемента между $(i - 1)$ -м и i -м отказами в k -ой реализации, мото-ч, $i = 1, p; k = 1, n$;

Δt_{inp} – время простоя машины при устранении i -го отказа (замены элемента) в k -ой реализации, ч, $i = 1, p; k = 1, n$.

Числа $t_{1k}, t_{2k}, \dots, t_{ik}$ образуют случайный поток, который согласно теории восстановления называется процессом восстановления. Этот процесс является различным для различных элементов и, продолжаясь до окончания срока службы, связан в основном с наработкой на отказ (случай простоя) \bar{x}_{npi} и продолжительностью простоя \bar{t}_{npi} .

Средний простой машины определяется как средневзвешенная продолжительность простоя из-за отказов агрегатов и систем \bar{t}_{npi}

$$\bar{t}_{np} = \bar{t}_{np1} \frac{n_1}{n} + \bar{t}_{np2} \frac{n_2}{n} + \dots + \bar{t}_{npi} \frac{n_i}{n} = \sum_{i=1}^n \bar{t}_{npi} \frac{n_i}{n}, \quad (4)$$

где \bar{t}_{npi} – средняя продолжительность простоя при ремонте i -го агрегата, узла; n_i – число простоев по причине отказа конкретных агрегатов и узлов машины.

Используя выражения

$$\bar{x}_{np} = \frac{Q}{n}, \quad \bar{x}_{npi} = \frac{Q}{n_i}, \quad \frac{n_i}{n} = \frac{\bar{x}_{np}}{\bar{x}_{npi}}, \quad (5)$$

где Q – наработка машины за эксплуатационный цикл, мото-ч имеем

$$\bar{t}_{np} = \sum_{i=1}^n \bar{t}_{npi} \frac{\bar{x}_{np}}{\bar{x}_{npi}} = \bar{x}_{np} \sum_{i=1}^n \frac{\bar{t}_{npi}}{\bar{x}_{npi}}, \quad (6)$$

откуда

$$\frac{\bar{t}_{np}}{\bar{x}_{npi}} = \sum_{i=1}^n \frac{\bar{t}_{npi}}{\bar{x}_{npi}} \quad (7)$$

С учетом полученных выражений коэффициент технической готовности будет равен

$$K_{\text{тг}} = \frac{1}{1 + q_{up} \sum_{i=1}^n \frac{\bar{t}_{npi}}{\bar{x}_{npi}}} = \frac{1}{1 + q_{up} B_p}, \quad (8)$$

где q_{up} – коэффициент использования ресурса за эксплуатационный цикл машины, мото-ч / ч.;

$B_p = \sum \bar{t}_{np} / \bar{x}_{np}$ – удельные простои машин с потерей рабочего времени за эксплуатационный цикл машины во всех видах ТО и ремонта, в том числе с использованием сменно-обменных элементов, ч/мото-ч.

Коэффициент технической готовности, выраженный в показателях удельного времени простоя B_p , связан с работоспособностью машины по выражению

$$P_p = P_n \cdot K_n = P_n (K_{\text{тг}} \cdot k) = P_n \left(\frac{1}{1 + q_{up} B_p} \cdot k \right), \quad (9)$$

где P_p – уровень реальной работоспособности;

P_n – уровень потенциальной работоспособности;

K_n – коэффициент реальной работоспособности;

$K_{\text{тг}}$ – коэффициент технической готовности;

k – коэффициент, достигнутого уровня факторов, определяемый как

$$k = \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 k_i} \quad (10)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий реальное техническое состояние;

k_2 – коэффициент, учитывающий влияние человека;

k_3 – коэффициент условий эксплуатации;

k_4 – коэффициент использования времени смены.

Возможность управления работоспособностью машины определяется путем оценки влияния факторов \bar{t}_{np} , \bar{x}_{np} и q_{up} на показатели $K_{\text{тг}}$ и B_p .

Модель зависимости отклика системы $\alpha_{\text{т}}$ на изменение входных параметров показана схемой (рисунок 2)

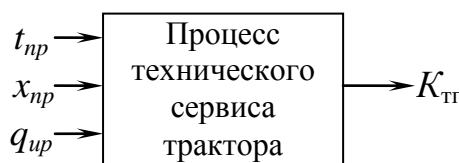


Рисунок 2 – Модель исследования процесса технического сервиса трактора

Математическая модель, устанавливающая связь между показателем работоспособности и факторами, представляется в виде наиболее часто используемой полиномиальной модели

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \varepsilon, \quad (11)$$

где k – количество исследуемых факторов;

β_0, β_i – параметры модели, значения которых определяются по данным эксперимента;

x_i – значения переменных факторов;

ε – остаток, характеризующий ошибку эксперимента и ошибку выбора модели.

В третьей главе в соответствии с поставленными задачами обоснован выбор объекта исследований, разработана программа, изложены общая и частные методики экспериментальных исследований. Объектом наблюдений явились тракторы иностранного и совместного производства, которые широко используются в качестве мобильных энергетических средств в сельском хозяйстве.

Разработаны основные методические и организационные положения по выбору условий и количества объектов наблюдения для сбора информации о фактическом техническом состоянии и расходе сменно-обменных элементов; планирования и проведения эксплуатационных наблюдений с последующей обработкой результатов.

Экспериментальные данные по надежности объектов наблюдений и эксплуатационно-технологическим показателям технического сервиса собирались в условиях реальной эксплуатации в хозяйствах Иркутской области методом хронометража и периодических наблюдений. Мониторинг работы иностранной сельскохозяйственной техники в хозяйствах Иркутской области (ООО «Луговое», ЗАО «Иркутские семена», ООО «Барки», СХ ЗАО «Наследие», ООО «Колхоз Труд») проводился в период с 2012 по 2015 годы.

Достоверность информации о показателях надежности сельскохозяйственной техники определялась правильно выбранным количеством исследуемых тракторов. Объем выборки N для установления связи параметров \bar{x}_{np} , \bar{t}_{np} , q_{up} с показателем $K_{тг}$ определялся в зависимости от величины доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ и величины допустимой относительной ошибки δ , не превышающей 10 – 15 %, $N = Vt_a / \delta$. Полученная информация подвергалась обработке в соответствии со стандартными методиками: по критерию Ирвина на предмет определения точек, выпадающих из общего числа, а также по критерию согласия Пирсона при окончательном выборе закона распределения показателей надежности.

Для выявления доминирующих факторов модели, описывающей процесс обеспечения работоспособности импортной сельскохозяйственной техники в реальных условиях, были проведены многофакторные исследования с получением расширенной матрицы эксперимента (таблица 1), с введением фиктивной переменной x_0 , для определения коэффициентов уравнения ре-

грессии.

Таблица 1 – Расширенная матрица эксперимента

№ опыта	Факторы в натуральном масштабе			Факторы в безразмерной системе координат				Выходной параметр у
	\bar{x}_{np}	\bar{t}_{np}	q_{up}	$x_1(\bar{x}_{np})$	$x_2(\bar{t}_{np})$	$x_3(q_{up})$	x_0	
1	125 _{min}	5,6 _{min}	0,55 _{min}	-1	-1	-1	+1	0,72
2	400 _{max}	5,6 _{min}	0,55 _{min}	+1	-1	-1	+1	0,81
3	125 _{min}	59,4 _{max}	0,55 _{min}	-1	+1	-1	+1	0,80
4	400 _{max}	59,4 _{max}	0,55 _{min}	+1	+1	-1	+1	0,78
5	125 _{min}	5,6 _{min}	5,86 _{max}	-1	-1	+1	+1	0,82
6	400 _{max}	5,6 _{min}	5,86 _{max}	+1	-1	+1	+1	0,79
7	125 _{min}	59,4 _{max}	5,86 _{max}	-1	+1	+1	+1	0,89
8	400 _{max}	59,4 _{max}	5,86 _{max}	+1	+1	+1	+1	0,82

В четвертой главе приведены результаты исследований и их анализ показавшие, что работоспособность иностранных тракторов нарушалась вследствие разных по характеру отказов и неисправностей.

Получены графики дифференциальной и интегральной функций распределения отказов тракторов импортного и совместного производства, а также интенсивности отказов и гистограмма распределения.

Установлено, что у тракторов *New Holland* преобладают частичные отказы ходовой системы, двигателя и гидравлической аппаратуры, внезапные отказы у этих тракторов составили 22 % от общего количества отказов, а полные и ресурсные отказы 19 и 3 % соответственно (рисунки 3, 4). У машин марки *Case* эти отказы составили соответственно 26,6, 30, 10 и 3,3 % от общего числа отказов этих машин. У тракторов *New Holland* наиболее надежным элементом является электрооборудование (3,4 %), а наименее надежным – гидравлическая система (52,9 %). У *Case* надежный элемент – тормозная система, наименее надежный – гидравлическая система (43,2 %).

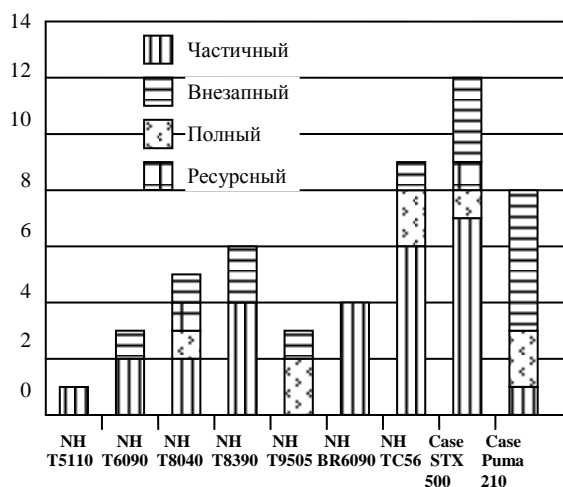


Рисунок 3 – Диаграмма отказов иностранной сельскохозяйственной техники

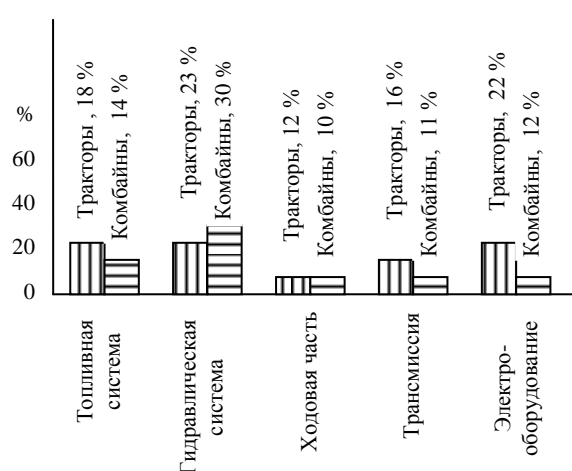


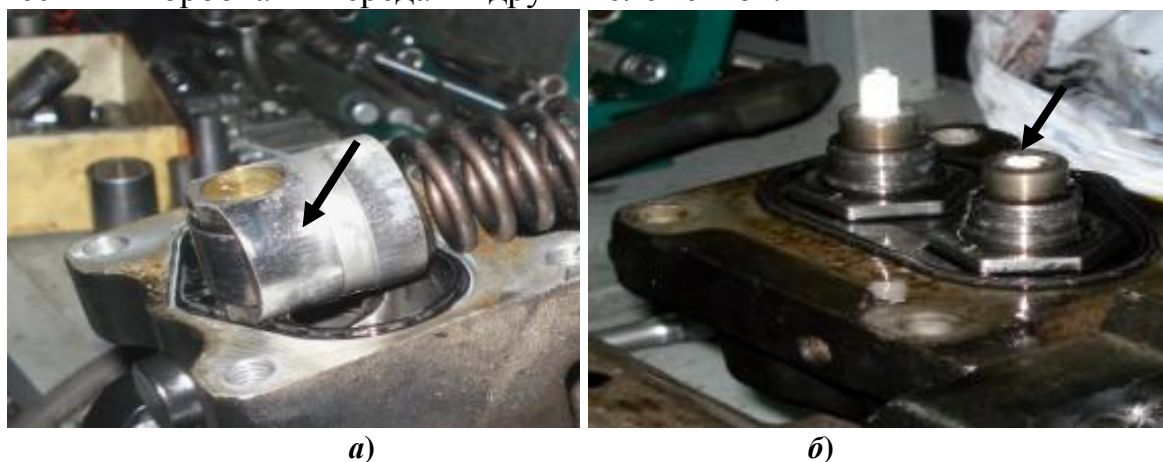
Рисунок 4 – Распределение отказов и неисправностей тракторов и комбайнов компании *CNH Industrial*

В результате анализа были выявлены систематические отказы: у тракторов *New Holland* и *Case* часто рвутся рукава высокого давления, обламывается «ухо» крышки подшипника гидромотора ротатора, происходит сбой программы электронного блока двигателя.

Загрязнения, проникающие в топливную систему, негативно влияют на состояние корпусов насосов, поршней, керамических плунжерных пар, оставляют на их стенках задиры (рисунок 5, а), а это приводит к перегреву, стуку, поломкам (рисунок 5, б), а затем к внезапной остановке трактора.

Наиболее частыми можно назвать отказы форсунок системы *Common Rail* из-за недостаточно частой замены оригинальных фильтрующих элементов на двигателях *Cummins*, *Cursor*, *IVECO* и *Fiat Power Train*, которые входят в группу компаний *CNH Industrial*.

Поломки и отказы отмечаются также в работе электрических систем обеспечения комфорта и безопасности трактора. Трактора и комбайны останавливают при появлении неисправностей датчиков педали газа, блоков управления двигателем, электромагнитных сенсоров распределения давления в топливных магистралях, соленоидов управления гидравлическими автоматическими коробками передач и других элементов.



а – задиры на стенках поршня, б – излом керамической плунжерной пары
Рисунок 5 – Отказы элементов топливной системы двигателей

Статистически установлено, что из-за несвоевременности проведения технического обслуживания увеличиваются простои тракторов по техническим причинам, приходящиеся на единицу наработки до отказа (таблица 2).

Таблица 2 – Статистические характеристики работоспособности иностранных тракторов

Марка трактора	\bar{x}_{np} мото-ч	\bar{t}_{np} час	q_{up} мото-ч/ч	$K_{ТГ}$	B_p час/мото-ч
1	2	3	4	5	6
<i>NH TD 5.90</i>	150	12,0	4,86	0,72	0,08
<i>NH TD 5. 110</i>	140	5,6	5,86	0,81	0,04
<i>NH T 6090</i>	165	21,5	1,92	0,80	0,13
<i>Case IH 290</i>	305	24,4	3,5	0,78	0,08

1	2	3	4	5	6
Case IH 315	350	24,5	3,1	0,82	0,07
NH T 8.330	250	12,5	3,53	0,85	0,05
Case IH 340	280	44,8	1,66	0,79	0,16
NH T 8.360	400	24,0	2,06	0,89	0,06
NH T 8.390	198	59,4	0,99	0,77	0,30
Case IH STX500	175	28,0	0,69	0,90	0,16
NH T 9.505	125	32,5	1,9	0,80	0,26
NH T 9.615	210	27,3	0,55	0,91	0,13

Результаты анализа удельного времени простоя и учета времени на разборку и сборку элементов (таблица 3), на примере трактора NH T 8.390 показали, что из конструктивных характеристик тракторов наибольшее влияние оказывает время доступа (рисунок 6) к отказавшему элементу и количество производимых при этом операций. Остальные характеристики являются малозначимыми.

Таблица 3 – Результаты наблюдений по трактору NH T 8.390 (фрагмент)

Заменяемый элемент	Количество				Время замены, ч	Время доступа, ч	Масса, кг
	предварительно снимаемых деталей	креплений	стопорений	соединений			
Вентилятор двигателя	8	4	2	2	1	2	8
Передний сальник коленчатого вала	16	10	3	3	2	4	1
Задний сальник коленчатого вала	85	2	1	0	2	12	1
Коромысла клапанов	24	20	12	5	1	5	1
Воздушный патрубок двигателя	4	8	2	2	3	1	4
Клапаны гидромотора	8	24	8	2	4	4	10
Водяной насос	96	22	2	1	2	6	8
Сальник бортовой передачи	15	26	0	0	1	3	1
Радиатор, сердцевина радиатора	8	6	2	3	5	2	20
Гидронасос рулевой колонки	43	20	3	2	2	8	5
Двигатель	104	24	16	30	8	10	320
Дифференциал (редуктор)	55	25	1	10	8	6	75
Стартер	5	9	0	4	4	1	30
Жгут блока управления трактором	8	6	3	0	6	2	5
Генератор	4	3	0	3	1	1	15
Хвостовик ВОМ	1	6	0	0	1	2	25
Насос-форсунка	10	8	6	6	1	2	6
Датчик педали газа	5	10	1	1	0,2	3	1
Прокладка гидрораспределителя	5	18	0	0	1,5	5	0,3
Клапан обратной подачи топлива	10	20	1	1	0,6	3	0,3
Головка блока цилиндров	90	12	0	4	4	7	120

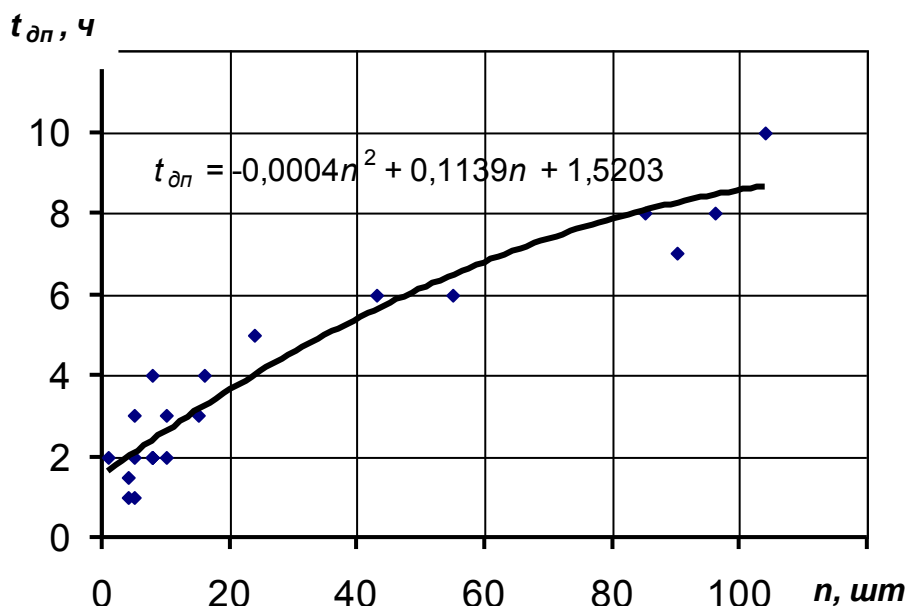


Рисунок 6 – Зависимость времени доступа ($t_{оп}$) к сменяемому агрегату трактора от количества (n) предварительно снимаемых деталей

Величина достоверности аппроксимации $R^2 = 0,909$ говорит о тесной связи между этими показателями

$$t_{оп} = -0,0004n^2 + 0,1139n + 1,520 \quad (10)$$

где n – количество предварительно снимаемых деталей.

Уравнение регрессии, полученное в результате математического моделирования функциональных связей между параметрами \bar{x}_{np} , \bar{t}_{np} , q_{up} и коэффициентом технической готовности тракторов, имеет вид

$$K_{тр} = 0,8 + 0,00032\bar{x}_{np} + 0,00017\bar{t}_{np} - 0,0125q_{up} \quad (12)$$

Оценку статистической значимости опытных значений полученных коэффициентов модели проводили с помощью t -критерия Стьюдента. Проверка адекватности математической модели произведена с использованием критерия Фишера на 5 %-ом уровне значимости.

Для нахождения оптимального значения функции отклика проведено решение уравнения модели на максимум. Полученная в результате его дифференцирования по каждому из факторов система имеет вид

$$\begin{cases} \frac{dK_{тр}}{d\bar{x}_{np}} = 0,00017\bar{t}_{np} + 0,0125q_{up} - 0,00032 = 0 \\ \frac{dK_{тр}}{d\bar{t}_{np}} = 0,00032\bar{x}_{np} + 0,0125q_{up} - 0,00017 = 0 \\ \frac{dK_{тр}}{dq_{up}} = 0,00032\bar{x}_{np} + 0,00017\bar{t}_{np} - 0,0125 = 0 \end{cases} \quad (13)$$

Полученные значения точки экстремума уравнения модели $\bar{x}_{np} = 386$, $\bar{t}_{np} = 1$ и $q_{up} = 0,1$ показали, что при снижении среднего времени простоя \bar{t}_{np}

до одного часа значение наработки на отказ равно 386 мото-ч, при максимальном значении $K_{гт} = 0,93$ и коэффициенте использования ресурса за эксплуатационный цикл трактора $q_{ур} = 0,1$. Оптимальные значения факторов не всегда возможно реализовать на практике, по причине того, что расчет коэффициента использования ресурса тракторов $q_{ур}$, производится в самом конце эксплуатационного цикла тракторов. Управление моделью производится отклонением от оптимума других более управляемых факторов $\bar{t}_{пр}$ и $\bar{x}_{пр}$, взаимосвязь между которыми выражается удельным временем простоя B_p , снижение которого, в свою очередь, может быть достигнуто путем оперативной замены отказавшего элемента при техническом сервисе новым или отремонтированным (рисунок 7).

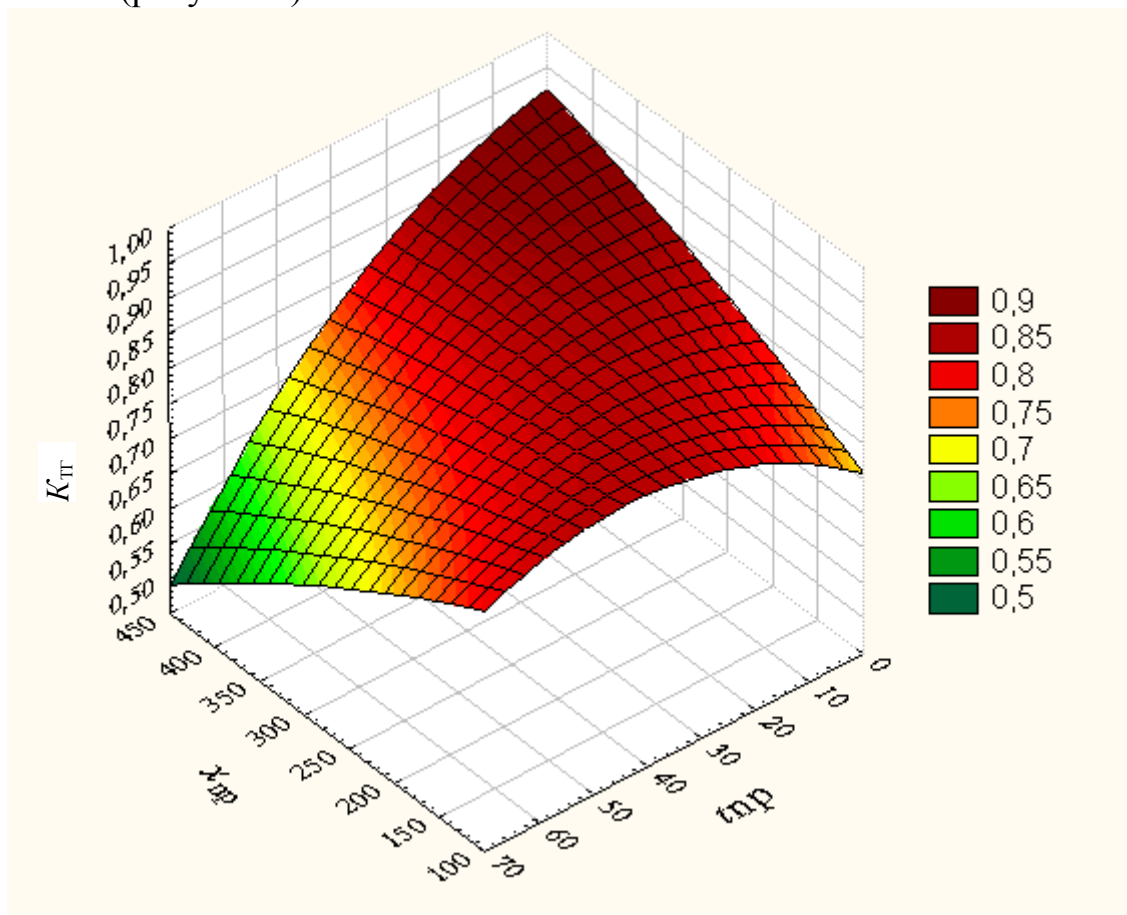
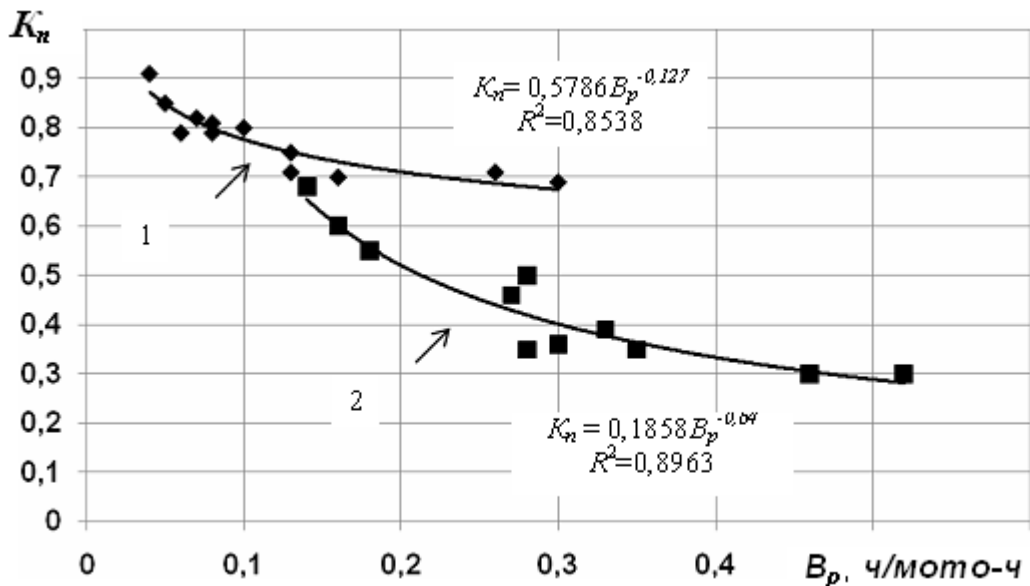


Рисунок 7 – Зависимость коэффициента готовности от параметров удельного простоя тракторов

Результаты имитационного моделирования подтвердили гипотезу о повышении коэффициента технической готовности за счет снижения времени удельного простоя. Предельное (максимальное) значение коэффициента технической готовности достигается применением сменно-обменных элементов при техническом сервисе импортных сельскохозяйственных тракторов, уменьшением величины удельного простоя машин и снижением общих затрат. Ожидаемое приращение коэффициента потенциальной работоспособности (рисунок 8) трактора составило $\Delta K_n = 0,17$, при сокращении удельного простоя, ΔB_p на 0,25 ч/мото-ч.



1 - в предлагаемом варианте, 2 - в базовом варианте

Рисунок 8 – Зависимость коэффициента K_n потенциальной работоспособности от удельного простоя V_p трактора

Количественный состав фонда сменно-обменных элементов при устранении эксплуатационных отказов определялся на основании расчетов приведенной плотности потока заявок на замену элементов α_n и номограммы при достоверности 0,95 и 0,9 на каждую тысячу мото-ч наработки (рисунок 9).

Номенклатурный состав фонда сменно-обменных элементов определялся по шкале вероятности, полученной в результате анализа опытных данных об эксплуатационных отказах. Данные о наработках на момент возникновения ресурсных отказов исследовались с учетом баз данных дилерских организаций и завода-производителя.

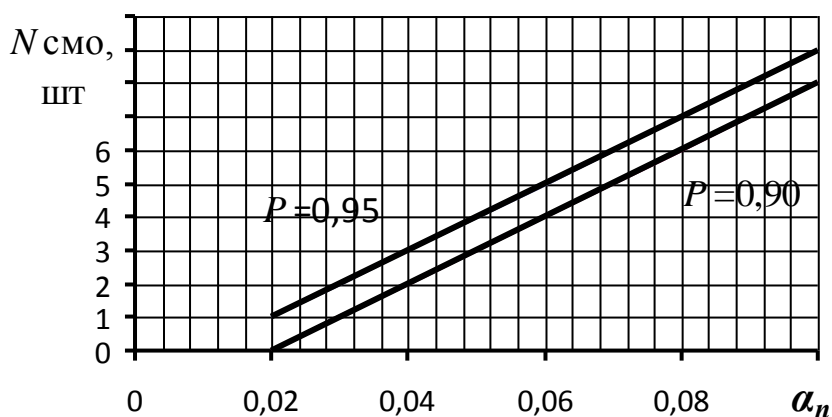


Рисунок 9 – Номограмма для расчета количества сменно-обменных элементов

Сроки проведения технических обслуживаний (не включая профилактические и ежедневные) и ремонтов в данном случае, обозначены в виде шкалы показанной на рисунке 10.



Рисунок 10 – Сроки проведения операций технического обслуживания и ремонта трактора *NH T 8.390*

В пятой главе даны практические рекомендации и их экономическая эффективность в виде методики корректировки рациональной стратегии ремонтно-технического обслуживания зарубежной техники в условиях ООО «Луговое», ЗАО «Иркутские семена», ООО «Агромастер-Красноярск». Среднегодовой экономический эффект за счет сокращения удельных простоев и повышения коэффициента технической готовности составил 850,4 тыс. р. на примере тракторов *NH T 8.390*. Результаты исследований используются в учебном процессе Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского. В Федеральную службу интеллектуальной собственности РФ подана и зарегистрирована заявка на полезную модель «Съемник гильз цилиндров двигателей тракторов *New Holland*», регистрационный № 2015154831 от 21.12.2015 г.

Общие выводы

1. Получены результаты оценки безотказности тракторов *New Holland* и их агрегатов. Установлено, что у тракторов *New Holland* преобладают частичные отказы ходовой системы, двигателя и гидравлической аппаратуры, внезапные отказы у этих тракторов составили 22 % от общего количества отказов, а полные и ресурсные отказы 19 и 3 % соответственно, преобладающими являются отказы в гидравлической системе (43,2 %). Результаты, полученные в ходе проведения эксперимента, показали, что доминирующим фак-

тором, определяющим работоспособность иностранных тракторов, является коэффициент технической готовности.

2. Установлена взаимосвязь параметров эксплуатационной надежности и простоев тракторов при устранении отказов. Установлено, что при снижении среднего времени простоя \bar{t}_{np} до одного часа значение наработки на отказ \bar{x}_{np} достигает 386 мото-ч, при максимальном значении $K_{ТГ} = 0,93$ и коэффициенте использования ресурса за эксплуатационный цикл трактора $q_{up} = 0,1$. Взаимосвязь между факторами \bar{t}_{np} и \bar{x}_{np} выражается удельным временем простоя B_p , снижение которого, в свою очередь, достигнуто путем оперативной замены отказавшего элемента новым или отремонтированным. При этом из конструктивных характеристик наибольшее влияние на B_p оказывает время доступа к отказавшему элементу и количество производимых при этом операций. Из организационных причин – время доставки необходимого элемента к машине.

3. Получена математическая модель описывающая процесс обеспечения работоспособности импортной техники в реальных условиях с применением сменно-обменных элементов. Установлены критические точки математической модели, получена поверхность отклика коэффициента технической готовности $K_{ТГ}$ от факторов \bar{t}_{np} и \bar{x}_{np} . При оценке опытного и базового вариантов эксплуатации достигнуто снижение удельного простоя тракторов на 0,25 ч / мото-ч и приращение потенциальной работоспособности трактора $\Delta K_n = 0,17$.

4. Разработаны рекомендации для корректировки рациональной стратегии ремонтно-технического сервиса использованием функций фонда сменно-обменных элементов и периодичности технического обслуживания. В период гарантийного обслуживания ТО-1 – через 45 мото-ч, ТО-2 – через 225 мото-ч, ТО-3 – через 450, ТО-4 через 936 мото-ч, в постгарантийный период ТО-3 – через 450 мото-ч, ТО-4, ТР – через 936 мото-ч, ТО-5 – через 6552 мото-ч. В качестве рекомендаций для дилерских организаций разработана номограмма для определения количественного состава сменно-обменных элементов при техническом сервисе тракторов, дана табличная информация для расчета номенклатуры сменно-обменных элементов при техническом сервисе тракторов и обмена, полностью выработавших ресурс элементов на новые, для владельцев машин разработан алгоритм предварительного диагностирования систем трактора, без применения специальных электронных средств и привлечения дилерских служб.

5. Техничко-экономический эффект от проведенных исследований составил 850,4 тыс. р. в год на примере тракторов *ННТ 8.390*. Реализация результатов исследований в ЗАО «Иркутские семена» позволила сократить запланированные сроки работ на 5 дней и сэкономить около 2 тонн топливно-смазочных материалов, в ОАО «Луговое» Иркутской области эти показатели составили 10 дней и 0,5 тонн соответственно, в ООО «Агромастер-Красноярск» достигнуто сокращение времени простоев машин на 15 %, с 10 до 8 часов снизилась средняя длительность устранения сложных отказов.

Публикации по теме диссертации

Статьи в изданиях по списку ВАК

1. **Шистеев А.В.** Восстановление работоспособности импортной сельскохозяйственной техники с использованием сменно-обменных элементов / А.В. Шистеев, М.К. Бураев // Вестник КрасГАУ. – № 3, 2015. – С. 7 - 15.

2. **Шистеев А.В.** Резервы системы обслуживания импортной сельскохозяйственной техники / А.В. Шистеев, М.К. Бураев // Вестник АлтГАУ. – 2015. – № 6. – С. 120 - 124.

3. **Шистеев А.В.** К ремонтпригодности импортных сельскохозяйственных тракторов / А.В. Шистеев, М.К. Бураев, С.Ю. Луговнин // Вестник АлтГАУ. – 2015. – № 10. – С. 93 - 99.

4. Бураев М.К. Повышение работоспособности тракторов в сельском хозяйстве / М.К. Бураев, Н.И. Овчинникова, А.И. Аносова, **А.В. Шистеев** // Вестник ВСГУТУ. – 2015. – № 6. – С. 20 - 26.

Статьи в других изданиях

5. **Шистеев А.В.** Повышение ремонтной технологичности сельскохозяйственных тракторов применением сменно-обменных элементов / А.В. Шистеев, М.К. Бураев // Материалы международной научно-практической конференции «Экологическая безопасность и перспективы развития аграрного производства Евразии», 3 - 4 декабря 2013 г. - Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2013. – С. 13 - 15.

6. **Шистеев А.В.** Логистическая оценка использования фонда сменно-обменных элементов при техническом сервисе импортной сельскохозяйственной техники / Повышение ремонтной технологичности тракторов применением сменно-обменных элементов / А.В. Шистеев, М.К. Бураев // Материалы III Международной научно-практической конференции посвященной 80 - летию образования ИрГСХА (27 - 29 мая 2014 г.) - Иркутск: Изд-во ИрГСХА, 2014. – С. 133 - 137.

7. **Шистеев А.В.** Восстановление работоспособности сельскохозяйственной техники путем обеспечения системы технического сервиса сменно-обменными элементами / А.В. Шистеев, М.К. Бураев // Материалы научной конференции преподавателей, научных работников и аспирантов, посвященная 20 - летию образования ВСГТУ–ВСГУТУ, первого университета Республики Бурятия (14 - 21 апреля). – Улан-Удэ : Изд-во ВСГУТУ, 2014. – С.

8. **Шистеев А.В.** Система агротехсервиса как логистическая поддержка машиноиспользования / А.В. Шистеев, А.И. Аносова, С.Б. Раднагуруева // Актуальные вопросы технического, технологического и кадрового обеспечения АПК : Материалы VI научно - практической конференции с международным участием «Чтения И. П. Терских», посвященной 80 - летию Иркутской государственной сельскохозяйственной академии (25 - 26 сентября 2014 г.). – Иркутск : Изд-во ИрГСХА, 2014. – С. 146 - 150.

9. **Шистеев А.В.** Методы расчета обменного фонда агрегатов / А.В. Шистеев, С.Ю. Луговнин, С.Б. Раднагуруев // Актуальные вопросы технического, технологического и кадрового обеспечения АПК : Материалы VI науч-

но-практической конференции с международным участием «Чтения И.П. Терских», посвященной 80 - летию Иркутской государственной сельскохозяйственной академии (25 - 26 сентября 2014 г.). – Иркутск : Изд-во ИрГСХА, 2014. – С. 150 - 155.

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 070444 от 11.03.98 г.
Подписано в печать 2016 г. Формат 60 x 84 / 16
Усл. печ. л. 1. Тираж 100

Издательство Иркутского государственного аграрного университета
имени А. А. Ежевского
664038, Иркутская обл., Иркутский р - н, пос. Молодежный