

На правах рукописи

Хисметов Нияз Зайнуллович

**НАУЧНОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕРНИЗАЦИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Специальность 05.20.03 - Технологии и средства технического
обслуживания в сельском хозяйстве

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук**

Москва - 2004

Работа выполнена во Всероссийский научно-исследовательском технологическом институте ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка (ГНУ ГОСНИТИ)

Научный консультант - доктор технических наук, профессор
Черноиванов Вячеслав Иванович

Официальные оппоненты - доктор экономических наук, профессор
Конкин Юрий Александрович;
доктор технических наук, профессор
Кряжков Валентин Митрофанович;
доктор технических наук, профессор
Рассказов Максим Яковлевич.

Ведущая организация -

Федеральное государственное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению АПК» (ФГНУ «Росинформагротех»),

Защита диссертации состоится «11» 05 2004 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д006.034.01 при ГОСНИТИ по адресу: 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, д. 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГНУ ГОСНИТИ

Автореферат разослан «09» 04 2004 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Соловьев Р.Ю.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В АПК России продолжает сокращаться число тракторов, зерноуборочных комбайнов и кормоуборочных машин. Процесс сокращения МТП не прекращается. Сельские товаропроизводители продолжают списывать технику. Списание машин превышает их поступление в 2-4 раза. В условиях ограниченного обновления и сокращения МТП возрастает роль ремонта и модернизации (далее - модернизации). Отдача от капитала, вложенного в ремонтное производство, в 2 раза выше, чем в основное. Вторичное использование модернизированной техники позволяет сохранить около 60..70% овещественного в ней труда.

Модернизация машин позволяет сохранить МТП хозяйств и обеспечивает выполнение технологических процессов в установленные агротехнические сроки; повышает эффективность использования имеющейся техники и на этой основе способствует обеспечению продовольственной безопасности страны.

Таким образом, исследование по научному и технологическому обеспечению модернизации машин является актуальными и имеет большое значение для АПК страны.

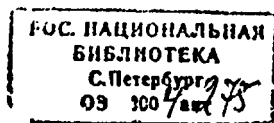
Исследование выполнено в соответствии с Федеральным законом «Об инженерно-технической системе агропромышленного комплекса» (№100-ФЗ от 24 мая 1999г.), «Федеральной целевой программой стабилизации и развития агропромышленного производства в Российской Федерации на 1996-2000 гг.» (Указ Президента Российской Федерации № 933 от 18 июля 1996 г.), «Стратегией развития тракторного и сельскохозяйственного машиностроения России» (Протокол совещания у Председателя правительства Российской Федерации № МК-115-14пр от 15 сентября 2000г).

Целью исследования является научное и технологическое обеспечение модернизации сельскохозяйственной техники и на этой основе повышение технического уровня и продление сроков службы модернизированных машин.

Достижение поставленной цели обеспечивается решением ряда задач по выявлению зависимостей, позволяющих минимизировать издержки на поддержание машин в работоспособном состоянии, оптимизировать доремонтные и межремонтные ресурсы, разработать рекомендации по обновлению техники в АПК и установлению нормативов затрат на содержание машин, используемых за пределами амортизационных сроков службы и др.

Объекты исследования. Тракторы, зерноуборочные комбайны и кормоуборочные машины.

Предметы исследования. Характеристики технического уровня и сроков службы сельскохозяйственной техники, технологии и нормативы по модернизации машин.



Методология исследований. Научные задачи решены на основе системного подхода к объектам исследования с использованием современного математического аппарата, методов теории вероятностей и математической статистики, оценки и управления качеством и надёжностью машин.

Научная новизна.

1. Разработана математическая модель процесса модернизации машин, позволяющая выделить в качестве управляемых параметров безотказность, производительность, экономичность и целенаправленно управлять процессом их повышения.

2. Предложена математическая модель, учитывающая совместное влияние факторов (возраст машины, наработку, топливную экономичность и энергонасыщенность, затраты на модернизацию) на стоимость модернизированных машин, определена весовость каждого фактора. Модель позволяет с высокой точностью прогнозировать стоимость модернизированной машины.

3. Разработаны методики определения остаточной стоимости машин и предельной цены модернизированных машин с учётом природно-климатических условий их эксплуатации, алгоритмы и программные средства для облегчения расчётов. Разработанные методики позволяют более точно определять нормативы остаточной стоимости эксплуатируемых и предельной цены модернизированных машин.

4. Предложены метод и расчётные формулы для определения рекомендуемых пределов увеличения сроков службы модернизированных машин. Отличительными особенностями предложенного метода являются: учёт амортизационного срока службы, степени восстановления ресурса при модернизации, интенсивности использования машин в хозяйствах с различной рентабельностью и организационной формой собственности.

5. Разработана математическая модель управления техническим состоянием машин при их эксплуатации, учитывающая стоимость базовой и модернизированной машины, коэффициенты восстановления ресурсов. Модель позволяет одновременно оптимизировать доремонтные и межремонтные ресурсы и полные сроки службы, минимизировать затраты на эксплуатацию машин.

6. Разработана методика прогнозирования затрат на техническое обслуживание, ремонт и хранение (ТОРХ) машин в зависимости от срока службы, природно-климатических условий использования машин и темпов инфляции.

7. Получены закономерности изменения коэффициентов обновления техники для растениеводства России и других стран. Предложена стратегия обновления машин для растениеводства.

Практическая ценность. Разработанные организационно-методические и технологические документы создают возможность выбора рационального

нального варианта модернизации машин, позволяют повысить их технический уровень и продлить сроки службы, сохранить МТП в хозяйствах и обеспечить выполнение технологических процессов в установленные агротехнические сроки.

Практическая ценность работы состоит в разработке рекомендаций:

- по повышению технического уровня модернизируемых машин в условиях ремонтного производства;
- по текущей модернизации серийно выпускаемых машин в условиях предприятий-изготовителей;
- по обоснованию рекомендуемых сроков службы модернизированных машин;
- по определению оптимальных доремонтных и межремонтных ресурсов, сроков службы машин;
- по определению нормативов затрат на ТОРХ машин, эксплуатируемых за пределами амортизационных сроков службы.

Реализация результатов исследования. Разработанные организационно-методические и технологические документы по модернизации подержанной техники изданы в виде монографий: «Модернизация эксплуатируемой техники», «Резервы ресурсосбережения при эксплуатации сельскохозяйственной техники», «Система менеджмента качества промышленных и ремонтно-обслуживающих предприятий», допущенные Департаментом технической политики Минсельхоза России в качестве справочных пособий для специалистов сельскохозяйственных предприятий, научно-исследовательских, проектно-конструкторских организаций и учебных заведений.

Результаты выполненных исследований реализованы в «Руководстве по высокоэффективной системе поддержания работоспособности МТП» (научный отчет ГОСНИТИ о выполнении госконтракта №877/26 с Минсельхозом России за 2003 г.); научном отчёте ГОСНИТИ «Систематизировать и обобщить опыт работы предприятий АПК по вторичному использованию ресурсов подержанных машин»; рекомендациях «Организация вторичного рынка сельскохозяйственной техники», «Модернизация сельскохозяйственных машин, находящихся в эксплуатации. Практические рекомендации»; научном отчёте ГОСНИТИ «Опыт работы предприятий техсервиса по восстановлению и модернизации сельскохозяйственной техники»; в книге «Ресурсосбережение при технической эксплуатации сельскохозяйственной техники»; нормативном документе «Комплект нормативно-технических документов для организации и функционирования вторичного рынка подержанной техники в АПК».

Технологические и нормативные документы, разработанные по результатам исследований, внедрены во многих РТП Республлик Татарстан, Башкортостан, Чувашия и др. регионов.

Документы, подтверждающие внедрение результатов исследований, приведены в диссертации.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследования доложены, обсуждены и одобрены на:

- научных конференциях профессорско-преподавательского состава Казанской Государственной сельскохозяйственной академии. Казань, КГСХА, 1996-2003гг;
- республиканских совещаниях инженерно-технических работников и сервисных предприятий Республики Татарстан. Казань, 1995-2002гг;
- международной научно-практической конференции по проблеме развития машинных технологий и технических средств производства сельскохозяйственной продукции. Москва, ВИМ, 2002г.;
- международном симпозиуме по машинному доению сельскохозяйственных животных, первичной обработке и переработке молока, КГСХА. Казань, 2002-2003гг.;
- международной научно-технической конференции «Энергосбережение в сельском хозяйстве». Москва, ВИЭСХ, октябрь 2000 г.;
- заседании Бюро РАСХН по проблеме «Повышение технического уровня и продление срока службы подержанной техники путем ее модернизации». Москва, ГОСНИТИ, май 2003г.;
- международном научно-техническом семинаре «Использование динамических характеристик и рабочих процессов тепловых двигателей для проектирования, эксплуатации, диагностики и ремонта двигателей». Казань, КГСХА, сентябрь 2003г.;
- международной научно-технической конференции «Научные проблемы и перспективы развития ремонта, обслуживания машин и восстановления деталей». Москва, ГОСНИТИ, декабрь 2003г..

Публикации. По теме диссертации опубликовано 69 печатных работ, в т.ч. 3 монографии, получены 3 патента на изобретения.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести разделов, общих выводов, списков использованной литературы и приложений. Диссертационная работа изложена на 500 стр., содержит 78 таблиц, 96 рисунков. Список использованных литературных источников содержит 267 наименований, в т.ч. 14 наименований зарубежных авторов. Приложения на 143 страницах.

На защиту выносятся положения диссертации, представляющие научную новизну.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность темы и необходимость ее разработки.

В ПЕРВОМ РАЗДЕЛЕ «Состояние проблемы и задачи исследования» рассмотрено состояние материально-технической базы механизации растениеводства и ремонтно-обслуживающего производства АПК, проведен анализ работ по модернизации серийных машин в сфере изготовления и подержанных - в условиях ремонтно-обслуживающего производства. Отмечено, что при дефиците техники, ее старении, снижении показателей надежности первостепенное значение приобретает сохранение МТП на основе модернизации и продления сроков службы.

Проблеме восстановления работоспособности машин, их деталей, узлов и агрегатов посвящены фундаментальные работы Казарцева В.И., Селиванова А.И., Ульямана И.Е., Черепанова С.С., Черноиванова В.И., Тельнова Н.Ф., Конкина Ю.А., Рассказова М.Я., Кряжкова В.М., Бурумкулова Ф.Х., Ерохина М.Н., Лялякина В.П., Михлина В.М., Северного А.Э., Халфина М.А., Поляченко А.В., Лезина П.П., и других ученых.

Исследованиями Ю.А. Конкина установлено, что в списанном тракторе содержится 20...35% деталей, годных для вторичного использования без технологических воздействий, 40...45% - подлежащих восстановлению и 25...30% - не подлежащих восстановлению.

Себестоимость восстановленных деталей не превышает 50...70% стоимости новых деталей при ресурсе 80% от новых. При восстановлении деталей число производственных операций в 5...8 раз меньше, чем при изготовлении.

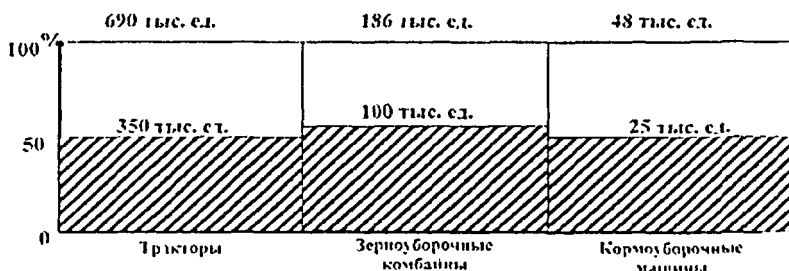


Рис. 1. Блок-схема программы исследования

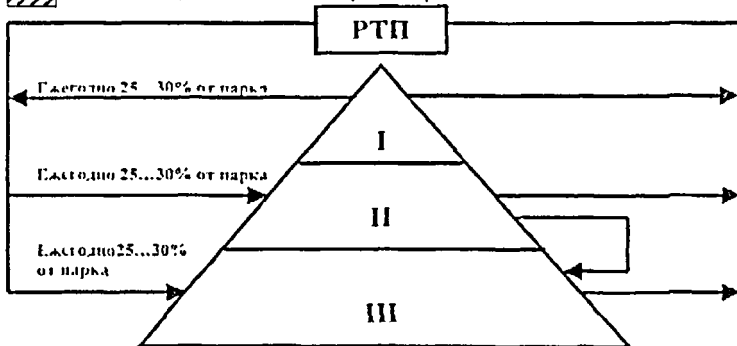
Во многих странах мира более 50% механизированных работ у фермеров выполняется поддержанными машинами со сроками службы от 7 до 15 лет и более. В США и Германии на один новый трактор приходится 3...4 поддержанных. Такая же картина наблюдается в странах ЕС.

Это показывает техническую возможность и экономическую целесообразность использования машин после модернизации, что позволит сохранить МТП АПК.

В известных работах по модернизации машин не применялся системный подход, рассматривающий все этапы их жизненного цикла, научное и технологическое обеспечение процесса модернизации в условиях предприятий-изготовителей и ремонтного производства. Предлагаемое научное и технологическое обеспечение модернизации машин основывается на системном анализе и решении сформулированных задач исследования (рис.1), начиная с разработки комплексного подхода к модернизации



□ - общее количество техники в АПК
 ▨ - техника, подлежащая вторичному использованию



I – группа хозяйств, применяющих высокие технологии и современную технику
 II – группа хозяйств, применяющих традиционные технологии и машины
 III – группа хозяйств, применяющих упрощённые технологии и поддержанные машины

Рис. 2. Схема движения поддержанной техники

ции и заканчивая рекомендациями по внедрению технологии модернизации машин в производственный процесс предприятий техсервиса. Наличие ремфонда и схемы движения подержанной техники даны на рис. 2.

ВО ВТОРОМ РАЗДЕЛЕ "Теоретические предпосылки организации и функционирования системы модернизации машин" дана классификация видов модернизации машин в сфере серийного изготовления и ремонтно-обслуживающего производства. Обоснован объем необходимой информации для предприятий-изготовителей и ремонтно-обслуживающих служб при модернизации серийной и подержанной техники.

Предложены требования к надёжности модернизируемой техники. Выявлено, что модернизированная машина состоит из новых узлов и агрегатов; отремонтированных; а также бывших в эксплуатации, имеющих остаточные ресурсы и годных без ремонта. Вероятность безотказной работы модернизированной машины $P(t)$ определяется как произведение вероятностей безотказной работы новых $P_1(t)$, отремонтированных $P_2(t)$ и бывших в эксплуатации $P_3(t)$ узлов и агрегатов, т. е.

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t) . \quad \text{О)}$$

Установлено, что функция надежности новых агрегатов, установленных на модернизированную машину, описывается нормальным законом распределения

$$P_1(t) = \frac{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{t-T_0}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx}{\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{T_0}{\sigma}}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{t-T_0}{\sigma}}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx . \quad (2)$$

Функции надежности отремонтированных и подержанных агрегатов описываются по закону Вейбулла, т.е.

$$P_2(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{b_m x}{a_2}\right)^{m_2}\right]; \quad P_3(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{b_m x}{a_3}\right)^{m_3}\right] . \quad (3)$$

Функция надежности модернизированной машины будет

$$P(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{t-T_0}{\sigma}}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx \cdot \left\{ 1 - \exp\left[-\left(\frac{b_m x}{a_2}\right)^{m_2}\right] \right\} \cdot \left\{ 1 - \exp\left[-\left(\frac{b_m x}{a_3}\right)^{m_3}\right] \right\} . \quad (4)$$

где $a = b_m x^{1/m}$, $\sigma_x = c_m X_0^{1/m}$, $b_m = \Gamma(1/m+1)$, $c_m = \sqrt{\Gamma(1 + 2/m) - b_m}$, $c_m/b_m = \sigma_x/a_x = v_x$, Γ - гамма функция, a - математическое ожидание.

Средние ресурсы новых агрегатов, установленных на модернизированную машину, определяются из условия

$$T_{cp,1} = \int_0^{\infty} P(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\frac{t-T_0}{\sigma}}^{\infty} e^{-\frac{x^2}{2}} dx. \quad (5)$$

Средние ресурсы восстановленных и подержанных агрегатов

$$T_{cp,2} = \int_0^{\infty} 1 - \exp\left[-\left(\frac{b_m x}{a_2}\right)^m\right] dx = \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right)}{\lambda^{1/\alpha}}. \quad (6)$$

Требования к надежности модернизируемых машин

$$\left. \begin{aligned} P_6(t) \geq P_{н}(t) \geq 0,8 \cdot P_6(t); \quad P_6(t) \geq P_2(t) \geq 0,8 P_6(t); \\ T_{cp}^6 \geq T_{cp}^н \geq 0,8 T_{cp}^6; \quad P_6(t) \geq P_3(t) \geq 0,8 P_6(t); \\ T_{cp}^6 \geq T_{cp,3} \geq 0,8 T_{cp}^6; \quad T_{cp}^6 \geq T_{cp,3} \geq 0,8 T_{cp}^6. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

Разработана математическая модель процесса модернизации машин, позволяющая выделить в качестве управляемых параметров безотказность, производительность, экономичность и целенаправленно управлять процессом их повышения:

$$\left. \begin{aligned} C_{\lambda} = & \frac{C_{\lambda}^6 \cdot H_2}{100 \cdot \sum_{i=1}^r W_i^6} + \frac{1}{W_{\lambda}^6} [H_{ТСМ}^6 \cdot U_{ТСМ} + C_{ТОР}^6 \cdot K_{\epsilon 1} (1 + K_{\delta \text{он}}) \cdot N] + \\ & + C_{\lambda}^6 \left(\frac{100 + K_{\lambda}}{100} \right) + C_{\phi \text{н}}^6 \left(\frac{100 + K_{\text{сн}} + K_{\text{нб}}}{100} \right) + V \left(\frac{100 + K_{\epsilon}}{100} \right) + \frac{0,5 \text{ЦУР} W_{\lambda}^6}{100} \cdot \\ & \cdot K_{1,2} \left\{ \left[\left(\frac{1}{K_{\text{мн}}^6} + \frac{1}{K_{\text{опз}}^6} + \frac{1}{K_{\text{нсм}}^6} \right) - 2 \right]^{-1} + 1 \right\} + \frac{C_{\lambda}^н}{\sum_{i=1}^r W_i^н} + \\ & + \frac{1}{W_{\lambda}^н} [H_{ТСМ}^н \cdot U_{ТСМ} + C_{ТОР}^н \cdot K_{\epsilon 1} (1 + K_{\delta \text{он}}) \cdot N] + C_{\lambda}^н \left(\frac{100 + K_{\lambda}}{100} \right) + \\ & + C_{\phi \text{н}}^н \left(\frac{100 + K_{\text{сн}} + K_{\text{нб}}}{100} \right) + V \left(\frac{100 + K_{\epsilon}}{100} \right) + \frac{0,5 \text{ЦУР} W_{\lambda}^н}{100} \cdot \\ & \cdot K_{1,2} \left\{ \left[\left(\frac{1}{K_{\text{мн}}^н} + \frac{1}{K_{\text{опз}}^н} + \frac{1}{K_{\text{нсм}}^н} \right) - 2 \right]^{-1} + 1 \right\} \rightarrow \min, \\ & C_{\lambda,6} = 0,005 \text{ЦУР} W_{\lambda} (D + 1) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где $C_{м}^б, C_{м}^м$ - балансовая стоимость базовой и модернизированной машины, руб.;

$H_н$ - норма амортизационных отчислений, %;

$W_г^б, W_г^м, W_ч^б, W_ч^м, W_с^б, W_с^м$ - годовая, часовая и суточная производительность базовой и модернизированной машины, м.-ч., у. э. га.;

$H_{ТСМ}^б, H_{ТСМ}^м$ - норма расхода топлива на единицу работы базовой и модернизированной машины, кг (л).;

$Ц_{ТСМ}$ цена единицы топлива, руб./кг;

$C_{ТОР}^б, C_{ТОР}^м$ - часовая тарифная ставка исполнителя услуг по ТОР базовой и модернизированной машины, руб.;

$C_{зч}^б, C_{зч}^м$ - стоимость запчастей и материалов на единицу наработки базовой и модернизированной машины, руб./м.-ч., у. э. га;

$K_{сн}, K_{доп}$ - коэффициенты, учитывающие сложность работы и дополнительную оплату;

N - количество исполнителей;

$C_{ФЗП}^б, C_{ФЗП}^м$ - фонд заработной платы на единицу наработки при ТОР базовой и модернизированной машины, руб./м.-ч., у. э. га;

$K_{соц}$ - единый социальный налог ($K_{соц}=35,6\%$), в т. ч. фонд социального страхования 4,0 % от ФОТ; медицинское страхование -3,6 % от ФОТ;

$K_{пн}$ - подоходный налог ($K_{пн}=13\%$);

$W_i^б, W_i^м$ - среднегодовая наработка базовой и модернизированной машины, м.-ч., у. э. га.;

T_a - амортизационный срок службы, лет;

V - объем производства, руб./м.-ч., у. э. га;

K_5 - торговая наценка к запасным частям ($K_5=10\%$);

K_6 - налог на добавленную стоимость ($K_6=18\%$);

$C_{уб}^б, C_{уб}^м$ - убытки за час простоя базовой и модернизированной машины, руб./ч (по В. М. Михлину);

$Ц$ - средняя закупочная цена продукции руб./т;

Y - потенциальная урожайность при выполнении агротребований, т/га;

R - рентабельность работы, %;

$K_{ид}$ - доля потерь продукции за единицу наработки;

D - коэффициент, учитывающий потери по организационным (Корг), техническим (Кти) и метеорологическим (Кмет) причинам

$$D = \left\{ \left[\left(\frac{I}{K_{мг}} + \frac{I}{K_{фв}} + \frac{I}{K_{нмг}} \right) - 2 \right]^2 + I \right\}.$$

Ограничивающие условия модели:

$$W_7^v, W_4^v, W_c^v \geq W_7^b, W_7^b, W_4^b; \quad H_{ТСН}^b \geq H_{ТСН}^v; \quad C_3^b \geq C_3^v; \quad C_{3,5}^b \geq C_{3,5}^v; \quad C_5^b \geq C_5^v.$$

Оценка целесообразности модернизации подержанных машин осуществляется по формуле:

$$\frac{C_6^b + C_6^v - C_{ост}^b}{\sum_{i=1}^n W_{ai}} \geq \frac{C_{ap} + C_{am} + C^v - C_{ост}^{vp}}{\sum_{i=1}^n W_{mi}}, \quad (9)$$

где C_6 , C_m - стоимости базовой и отремонтированной машины, руб.;

C_r - стоимость ремонта, руб.;

C_3^b, C_3^v - эксплуатационные затраты на поддержание в работоспособном состоянии базовой и отремонтированной машины, руб.;

W_{6i}, W_{mi} - наработка базовой и отремонтированной машины, м.-ч., у.э.га;

$C_{ост}^b, C_{ост}^v$ - остаточная стоимость после эксплуатации базовой и отремонтированной машины.

Остаточная стоимость подержанной машины определяется по методике, предложенной С. М. Халфиным, но с учётом природно-климатических условий использования машины, а также износа, некомплектности, замены агрегатов и узлов, модернизации, стоимости устранения последствий отказов и эксплуатационных дефектов

$$C_{ост} = K \cdot \left\{ C_n \cdot \left(1 - \frac{I_n}{100} \right) + \sum_{i=1}^n \left[C_n \cdot \left(1 - \frac{I_i}{100} \right) + Z_i \right] - \sum_{i=1}^n \left[C_n \cdot \left(1 - \frac{I_n}{100} \right) + Z_i \right] \right\} \cdot \left(1 - \frac{I_n}{100} \right) + \sum_{i=1}^n \left[C_m \cdot \left(1 - \frac{I_i}{100} \right) + Z_i \right] - C_{ост}^v, \quad (10)$$

где C_n - стоимость новой машины базовой комплектации, руб.;

I_{fi} - физический износ машины i -го возраста, %;

N - общее количество агрегатов, узлов, деталей машины базовой комплектации, установленных взамен аналогичных отказавших, ед.;

C_n - стоимость нового n -го агрегата, установленного взамен отказавшего, руб.;

I_n - физический износ n -го агрегата, установленного взамен отказавшего, %;

Z_n - затраты на установку n -го агрегата, узла, детали, руб.;

M - общее количество агрегатов машины базовой комплектации, отсутствующих на машине, ед.;

C_m - стоимость нового m -го агрегата, отсутствующего на машине, руб.;

Z_m - затраты на установку m -го возраста, узла, детали, руб.;

I_{mi} - моральный износ машины i -го возраста, %;

K - общее количество агрегатов, установленных на машину при модернизации, ед.;

C_k - стоимость нового к-го агрегата, установленного при модернизации, руб.;

I_k - физический износ к-го агрегата, установленного при модернизации, %;

Z^k - затраты на установку к-го агрегата при модернизации, руб.;

$C_{отк}$ - стоимость устранения последствий отказов, руб.;

K_z - зональный коэффициент, учитывающий почвенно-климатические условия эксплуатации машины.

Физический износ узлов, агрегатов и машины в целом определяется по зависимости, предложенной Ю.А. Конкиным.

Климатические районы классифицированы (умеренный, умеренно теплый, умеренно жаркий и умеренно холодный, холодный, очень холодный) и для них установлены K_z соответственно 1,0; 1,1; 0,9; 0,8 и 0,7. Для автоматизации расчетов при определении $C_{ост}$ разработано уточненное программное средство, блок-схема которого представлена на рис. 3.

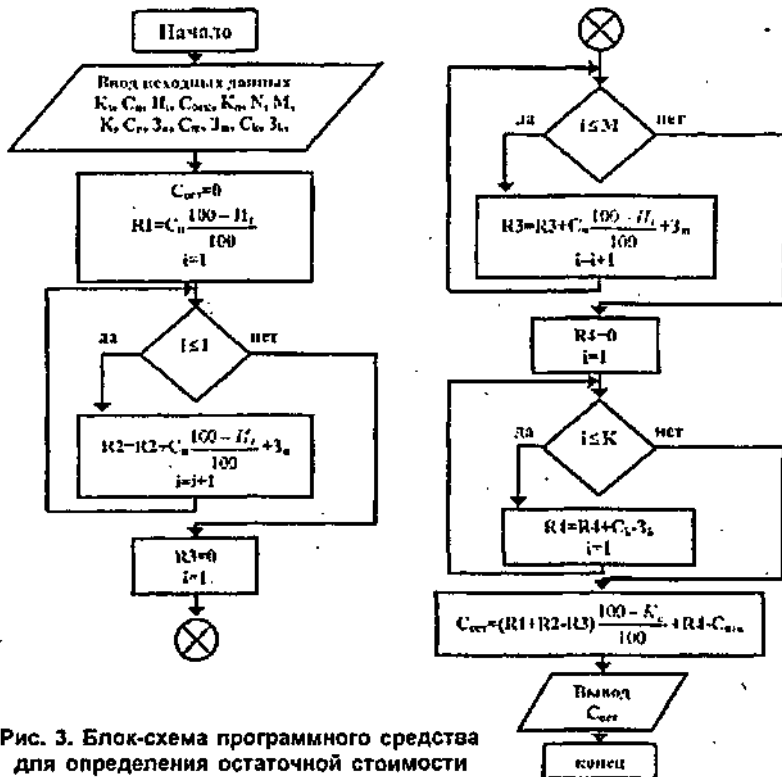


Рис. 3. Блок-схема программного средства для определения остаточной стоимости сельскохозяйственной техники

Приоритетность выбора изделий для установки на модернизируемые машины зависит от ряда факторов и их значимости, весомость которых определяется экспертным методом. Полученные от экспертов данные обрабатываются путем определения статистических $t_{ин}^{-1}$, σ_i^2 ,

σ_i и эвристических (коэффициент конкордации w_k , показатели связанных рангов T_i и др.) характеристик.

Коэффициент конкордации w_k , характеризующий степень согласованности экспертов, определяется по формуле

$$W_k = 12 \sum_{i=1}^n d_i^2 / nm_3(n^2 - 1), \quad (11)$$

где n - число экспертов.

Если мнения экспертов разные, оценочные показатели технического уровня (ТУ) оцениваются

$$W_k = 12 \sum_{i=1}^n d_i^2 \left[nm_3^2(n^2 - 1) - m_3 \sum_{i=1}^n T_i \right]^{-1}. \quad (12)$$

Коэффициент w_k изменяется в пределах $0 \leq w_k \leq 1$, если w_k существенно отличается от нуля, то оценка показателей ТУ экспертами между собой тесно связаны. При полном согласии $w_k = 1$.

Изменение вероятности правильных решений в зависимости от числа экспертов и уровня их компетентности ($P = 70...95\%$) дано на рис. 4.

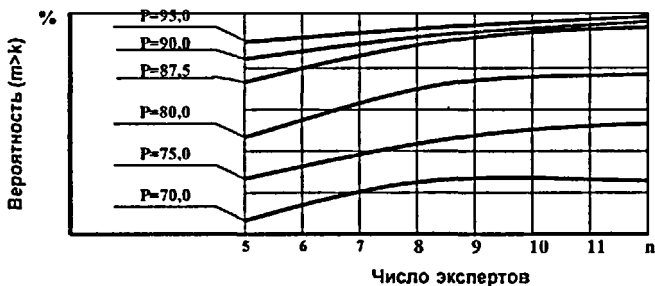


Рис. 4. Изменение вероятности правильных решений от числа экспертов и их компетентности

Значимо w_k для χ^2 -ределенной величины $t_0(n-1)$ с числом степени свободы $\nu = n - 1$ оценивается по формулам (13) и (14).

$$\chi^2 = 12 \sum_{i=1}^n d_i^2 [m_3 n(n+1)]^{-1}; \quad (13)$$

$$\chi^2 = 12 \sum_{i=1}^n d_i^2 \left[m_3 n(n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n T_i \right]^{-1}. \quad (14)$$

Гипотеза о наличии согласия принимается, если для выбранного уровня зависимости при заданном ϵ фактическое значение критерия согласия $\chi^2_{\text{ф}}$ больше табличного, т.к. $\chi^2_{\text{ф}} \geq \chi^2_{\text{т}}$.

Общее количество оценочных показателей зависит от заданной точности с оценки: при $\epsilon = 0,2 - 0,3$ $i = 5 - 6$; при $\epsilon = 0,10 - 0,19$ $t = 6 - 7$, при $\epsilon = 0,02 - 0,03$ $i \text{ не} > 10$.

По выбранному составу оценочных показателей ТУ определяются абсолютные значения их средних величин для оцениваемой Р, и базовой $P_{\text{б}}$ машин. За базовую принимается лучшая серийно выпускаемая машина данного класса отечественного или зарубежного производства. Устанавливаются относительные значения частных оценочных показателей ТУ.

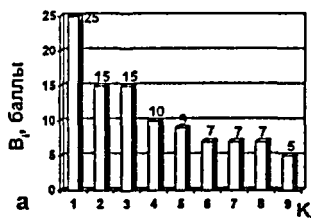
$$\chi_i = P_i / P_{\text{б}} \quad (15)$$

$$\chi_i = P_{\text{б}} / P_i \quad (16)$$

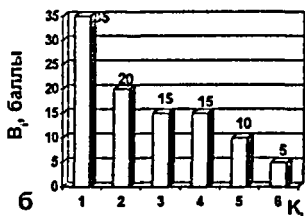
Результаты экспертной оценки весомости факторов, оказывающих влияние на ТУ дизелей, кабин и машин в целом, даны на рис. 5.

ТУ машин оцениваются комплексным показателем $Y_{\text{общ}}$ по формуле

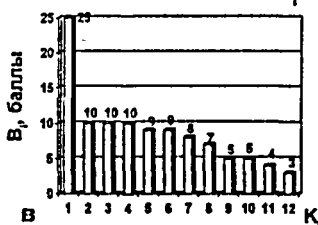
$$Y_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n X_i \cdot A_i \quad (17)$$



- | | |
|-------------------|-----------------------|
| 1-стоимости | 6-массы |
| 2-расхода топлива | 7-трудоемкости |
| 3-ресурса | 8-расхода масла |
| 4-безотказности | 9-числа точек при ЕТО |
| 5-мощности | |



- | |
|-----------------------------|
| 1-стоимости |
| 2-уровня звукового давления |
| 3-вибрации |
| 4-усилия на рычаги |
| 5-загазованности |
| 6-наличия кондиционера |



- | | |
|------------------|-------------------------------|
| 1-стоимости | 8-технологичности |
| 2-назначения | 9-стандартизации и унификации |
| 3-безопасности | 10-патентно-правовой |
| 4-надёжности | 11-транспортабельности |
| 5-экономичности | 12-эстетичности |
| 6-экологичности | |
| 7-эргономичности | |

Рис. 5. Значения весомости коэффициентов, характеризующих технический уровень: а – дизелей, б – кабин, в – машин

где X_i - комплексный показатель ТУ i -го узла, агрегата;
 A_i - коэффициент весомости i -го комплексного показателя;
 p - количество оцениваемых ТУ узлов и агрегатов.

Проведён анализ закономерностей изменения стоимости 32 модернизированных тракторов Т-150К 1990...1997 г. выпуска. В результате обработки результатов экспериментов получена математическая модель совместного влияния основных факторов на стоимость модернизированной машины. Высокий коэффициент множественной корреляции (более 0,86) подтверждает существенность исследуемых факторов, а доля их влияния составляет свыше 74 % (коэффициент множественной детерминации 0,74) от всех факторов, влияющих на стоимость модернизированной машины. Среди исследуемых факторов наибольшее влияние на стоимость оказывают возраст машины (весомость фактора 32%), затраты на ремонт и модернизацию (24%) и общая наработка (23%), а на удельный расход топлива и мощность устанавливаемого при модернизации двигателя приходится соответственно 19% и 2%. Относительная ошибка расчётов не превышает 4,3%.

Разработана математическая модель управления техническим состоянием машин, учитывающая стоимость базовой и модернизированной машины, закономерности изменения текущих затрат, коэффициент восстановления ресурса. Модель позволяет одновременно оптимизировать доремонтные (t_m^*) и межремонтные ресурсы (t_{mo}^*) и полные сроки службы (T_0) машин. Критерием оптимизации является минимум удельных затрат на поддержание машины в работоспособном состоянии с учётом потерь от простоев.

$$C_{j,0} = \left[(C_M^b + C_M^N \cdot n_{kr}) + \sum_{i=1}^{n_{kr}} C_s(t_i) \right] \cdot I / T_0 \rightarrow \min, \quad (18)$$

где $C_s(t)$ - функция текущих эксплуатационных издержек, руб.;

C_M^b, C_M^N - стоимость базовой и модернизированной машины, руб.;

n_{kr} - число КР с модернизацией машины, раз;

T_0 - полный срок службы машины, лет, м.-ч..

Функция $C_s(t)$: для базовой машины

$$C_s(t) = \lambda t^a,$$

для модернизированной

$$C_s(t) = q \lambda t^a,$$

где λ и a - константы в межремонтных периодах, определяемые типом машины;

$q \geq 1$ - коэффициент, учитывающий увеличение числа отказов после ремонта и модернизации. Тогда

$$C_{j,0} = \frac{\left[(C_M^b + C_M^N \cdot n_{kr}) + q \sum_{i=1}^{n_{kr}+1} \lambda \cdot T_i^a + \lambda T_i^a \right]}{T_1 + T_2 + \dots + T_n + T_{n+1}} \rightarrow \min \quad (19)$$

При $T_0 = \text{const}$ получены

$$\text{для базовой } t_{M_0}^{\delta} = (1 + n_{kr} \cdot q^{-1/(\alpha-1)})^{-1} \cdot T_0 ;$$

$$\text{для модернизированной } t_{M_0}^M = t_{M_0}^* \cdot q^{-1/(\alpha-1)}, \text{ м.ч.}$$

При $t_{M_0}^{\delta*}$ и $t_{M_0}^{M*}$ обеспечиваются минимальные удельные затраты $C_{j,d}$

$$C_{j,d}^* = [C_M^{\delta} + C_M^M \cdot n_{kr} + \lambda(1 + n_{kr} q^{-1/(\alpha-1)})] \cdot 1/T_0, \text{ руб./м.ч.}$$

Когда $n_{kr} = 1$ имеем

$$t_{M_0}^{\delta*} = (1 + q^{-1/(\alpha-1)})^{-1} \cdot T_0 \quad t_{M_0}^{M*} = (1 + q^{-1/(\alpha-1)})^{-1} \cdot T_0 q^{-1/(\alpha-1)}, \text{ м.ч.}$$

При $C_j(t) = \lambda(e^{\alpha t} - 1)$ получены

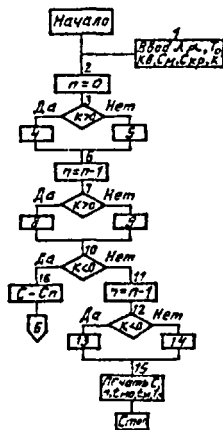
$$t_{M_0}^* = \frac{\alpha \cdot T_0 - n_{kr} \cdot \ln q}{\alpha(n_{kr} + 1)}, \quad (20) \quad \text{и} \quad t_M^* = \frac{\alpha \cdot T_0 - (2n_{kr} + 1) \cdot \ln q}{\alpha(n_{kr} + 1)} \quad (21)$$

Тогда

$$C_{kr}^* = \frac{1}{T_0} \left[C_M + C_{kr} n_{kr} + \lambda \left[\exp \left(\frac{\alpha T_0 - n_{kr} \ln q}{n_{kr} + 1} \right) - 1 \right] + \sum_{i=1}^{n-1} q^i \lambda \left[\exp \left(\frac{\alpha T_0 - (2n_{kr} + 1) \ln q}{n_{kr} + 1} \right) - 1 \right] \right], \text{ руб / ед раб.} \quad (23)$$

Отклонение фактических затрат от расчётных не превышает 5...7%, что характеризует адекватность модели реальному процессу.

Ставлённый алгоритм, блок-схема которого представлена на рис. 6, позволяющий определить t_M при следующих вариантах задачи: $T_0 = \text{const}$ и $C_{kr} = \text{const}$; $T_0 = \text{const}$, $C_{kr} = \text{var}$; $T_0 = \text{var}$, $C_{kr} = \text{const}$; $T_0 = \text{var}$ и $C_{kr} = \text{var}$.



$$\text{Блок 4. } C_3 = (C_M + \lambda q^{\alpha/K-1} T_0^{\alpha}) T_0^{-1}.$$

$$\text{Блок 5. } C_3 = \alpha \lambda^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \left[\frac{C_M}{\lambda(\alpha-1)} \right]^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}.$$

$$\text{Блок 8. } C_n = [C_M + n_{kr} C_{kr} + \lambda(q^{\frac{1}{\alpha-1}} n + 1)^{\alpha-1} T_0^{\alpha}] T_0^{-1}.$$

$$\text{Блок 9. } C_n = \alpha \lambda^{\frac{\alpha-1}{\alpha}} \left[\frac{C_M + C_{kr} \cdot n_{kr}}{\lambda(\alpha-1)(1 + n_{kr} q^{-1/(\alpha-1)})} \right]^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}.$$

$$\text{Блок 13. } t_{M_0} = (1 + n_{kr} q^{\frac{1}{\alpha-1}})^{-1} \cdot T_0^{-1}, \quad t_M = q^{\frac{1}{\alpha-1}} (1 + n_{kr} q^{\frac{1}{\alpha-1}})^{-1} T_0^{-1}.$$

$$\text{Блок 14. } t_{M_0} = \left[\frac{C_M + C_{kr} \cdot n_{kr}}{\lambda(\alpha-1)(1 + n_{kr} q^{\frac{1}{\alpha-1}})^{\alpha-1}} \right]^{\frac{1}{\alpha}}.$$

$$t_M = q^{\frac{1}{\alpha-1}} \left[\frac{C_M + C_{kr} \cdot n_{kr}}{\lambda(\alpha-1)(1 + n_{kr} q^{\frac{1}{\alpha-1}})^{\alpha-1}} \right]^{\frac{1}{\alpha}}.$$

$$T_0 = \left[\frac{C_M + n_{kr} C_{kr}}{\lambda(\alpha-1)} \right]^{\frac{1}{\alpha}} (1 + n_{kr} q^{\frac{1}{\alpha-1}})^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}$$

Рис. 6. Блок-схема алгоритма оптимизации доремонтных и межремонтных ресурсов и сроков службы машин

По мере снижения K_0 величины $t_{м0}^*$ повышаются, а t_m^* - значительно снижаются. При различных значениях K_0 целесообразно установить дифференцированные значения $Скр$ в зависимости от качества ремонта машин. Значения $t_{м0}^*$ машин могут быть только при одновременной оптимизации значений K_0 , $C_{кр}$, $n_{кр}$ и T_0 .

В ТРЕТЬЕМ РАЗДЕЛЕ "Ремонт и модернизация машин в условиях ремонтного производства" изучены особенности ремонта и модернизации машин в ремонтном производстве: изложены основные положения концепции восстановления и изготовления деталей; технологические рекомендации по модернизации техники; закономерности изменения сроков службы машин по годам их эксплуатации и обоснованы рекомендуемые пределы их продления и нормативы по модернизации машин.

При модернизации машин в ремонтном производстве широко применяются детали, имеющие допустимые при ремонте размеры, вызывающие сокращение ресурсов машин. Исследованиями Халфина М. А. установлено, что при первой непарной замене сопряженных деталей трансмиссии тракторов скорости их изнашивания увеличиваются на 18...20%, при второй - 50...55%; деталей ходовой части гусеничных машин - при первой замене на 30...35% и при второй - в два раза (рис 7).

Документация на модернизацию машин должна разрабатываться с учетом сохранения размеров цепей и оптимизации на замыкающее звено.

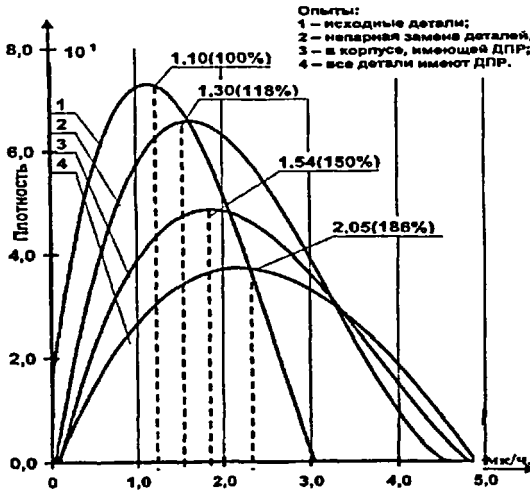


Рис. 7. Изменение скоростей изнашивания последовательно сменяемой детали трансмиссии трактора класса 30 кН

Износ детали происходит по степенной зависимости

$$U(t) = \gamma_{из} \cdot t^a \quad (24)$$

Ресурсы детали отремонтированной и модернизированной машины определяются:

при нормальном законе распределения

$$\varphi(t) = \frac{u_n}{\sqrt{2\pi} \sigma \cdot t^{m-1}} \exp \left[- \frac{\left(\frac{u_n}{t^\alpha} - v_{uz} \right)^2}{2 \sigma^2} \right]; \quad (25)$$

при законе Вейбулла

$$\varphi(t) = \frac{m \delta_m u_n^\alpha}{u_n t^{m+1}} \left(\frac{u_n}{t^\alpha} \right)^{m-1} \exp \left[- \left(\frac{\delta_m u_n}{v_{uz}} \right)^m \right]. \quad (26)$$

Функция распределения t детали будет

$$F(t) = \exp \left[- \left(\frac{\delta_m \cdot u_n}{v_{uz} \cdot t^\alpha} \right)^m \right]. \quad (27)$$

После преобразований формула для расчета t_{cp} примет вид

$$t_{cp} = \sqrt[m]{\left(\frac{\delta_m \cdot u_n}{v_{uz}} \right) \Gamma \left(1 - \frac{1}{\alpha \cdot m} \right)}. \quad (28)$$

Среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации ресурса (V) определяются

$$\sigma_n = \left[\left(\frac{\delta_m \cdot u_n}{v_{uz}} \right)^{2/\alpha} \Gamma \left(1 - \frac{2}{\alpha \cdot m} \right) - t_{cp}^2 \right]^{1/2}, \quad v_n = \left\{ \frac{\Gamma \left(1 - \frac{2}{\alpha \cdot m} \right)}{\left[\Gamma \left(1 - \frac{1}{\alpha \cdot m} \right) \right]^2} \right\}^{1/2}, \quad (29)$$

где Γ - гамма-функция, справедлива при $\left(1 - \frac{1}{\alpha \cdot m} \right) > 0$.

Применением восстановленных и изготовленных деталей при модернизации машин обеспечивается значительная экономия средств. Остаточная стоимость детали определяется из условия

$$C_{ост} = C_n - \frac{C_n - \Pi}{T_{ост}} T_{ф}, \quad (30)$$

где $T_{ф}$, $T_{ост}$ - фактический и остаточный ресурсы деталей, м.-ч.;

C_n , Π - стоимость новой детали и при её ликвидации, руб.

Эффективность восстановления оценивается по формуле

$$\left[\sum_{i=1}^n \left(C_{пер, i} + \frac{C_{п, i}}{\Pi_{i, i}} \right) + C_{п, (n+1)} \right] / \sum_{i=1}^n t_{м, i} \leq \frac{C_n - \Pi}{t_n} \quad \text{и} \quad (31)$$

где $C_{пер, i}$, $C_{п, i}$ - переменные и постоянные затраты на восстановление i -ой детали, руб.;

$\Pi_{i, i}$ - программа восстановления i -ой детали, ед.;

$t_{м, i}$, t_n - межремонтный ресурс восстановленной и новой детали, м.-ч.

Рациональный метод восстановления

$$\left[\sum_{i=1}^n \left(C_{\text{воср.}} + \frac{C_{\text{м.}}}{\Pi_{\text{д}}} \right) + C_{\text{м.}}(n+1) \right] / \sum_{i=1}^n t_{\text{м.}} \rightarrow \min \leq \frac{C_{\text{н.}} - \Pi}{t_{\text{н.}}}, \quad (32)$$

где $t_{\text{м.}}$ - ресурс восстановленной детали.

В НПО "Агросервис" РТПри ремонте и модернизации тракторов Т-150К, К-700/701, МТЗ-80/82, комбайнов "Дон-1500Б", кормоуборочных машин Е-280/281 и КСК-100 широко применяются изготовленные и восстановленные детали. Стоимость восстановленных деталей составляет 61...57% и изготовленных - 49...54% от стоимости новых при их ресурсе 90...85% от новых. Экономический эффект только от восстановления деталей за последние 4 года составил 142,6 млн. руб.

Разработаны новые технологические процессы восстановления и модернизации машин. Средние затраты на ремонт и модернизацию тракторов Т-150К составили 200 тыс. руб. или 23% от цены нового трактора при 80% восстановлении ресурса, для К-700/701 - 350 тыс. руб. или 14% от цены нового трактора при гарантийном обеспечении 80% ресурса.

Восстановление и модернизация машины позволяет продлить срок ее службы. Различают экономически целесообразные, амортизационные и фактические сроки службы машин.

Определение экономически целесообразных сроков службы сводится к минимизации известной функции приведенных затрат и убытков

$$\left[\sum_{i=1}^{T_0} (C_i + E_n K_i) + C_{\text{уб}} \right] \rightarrow \min, \quad (33)$$

где C_i - удельные текущие затраты на единицу выполненной работы в i -ой сфере, руб./у.э.га, руб./га, руб./тыс. км;

E_n - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений (= 0,15);

K_i^* - удельные капитальные вложения в i -ой сфере, руб./ед. наработки;

$C_{\text{уб}}$ - удельные убытки от ненасыщенности МТП парка и простоев по техническим причинам, руб./ед. наработки.

T_0 - длительность эксплуатации машин, годы.

При модернизации машин их ресурсы обеспечиваются на 80% при ремонте на РТП и до 90...100% - на предприятиях-изготовителях. Продленные сроки службы машин ($T_{\text{м.}}$), используемых за пределами T_0 , определяются по формуле

$$T_{\text{м.}} = \left[\sum_{i=1}^{T_0} (C_i + E_n K_i) + C_{\text{уб}} \right] + C_{\text{а}} \cdot K_{\text{в}} \rightarrow \min, \quad (34)$$

где $K_{\text{в}}$ - коэффициент восстановления ресурса после ремонта ($K_{\text{в}} = 0,8...1,0$):

Продленные сроки службы модернизированных машин, эксплуатируемых в хозяйствах с различной рентабельностью и организационной формой собственности, определяются по формулам:

$$\text{в коллективных} \quad T_x = T_a \cdot \sum_{i=1}^{T_a} \frac{W_{\text{пл}}^i}{W_{\text{фак}}^i} + T_a \cdot K \cdot \sum_{i=1}^{T_a} \frac{W_{\text{нр}}^i}{W_{\text{фак}}^i}; \quad (35)$$

$$\text{в арендных} \quad T_x = T_a \cdot \sum_{i=1}^{T_a} \frac{W_{\text{пл}}^i}{W_{\text{фак}}^i} + T_a \cdot K \cdot \sum_{i=1}^{T_a} \frac{W_{\text{нр}}^i}{W_{\text{фак}}^i}; \quad (36)$$

$$\text{в фермерских} \quad T_x = T_a \cdot \sum_{i=1}^{T_a} \frac{W_{\text{пл}}^i}{W_{\text{фак}}^i} + T_a \cdot K \cdot \sum_{i=1}^{T_a} \frac{W_{\text{нр}}^i}{W_{\text{фак}}^i}; \quad (37)$$

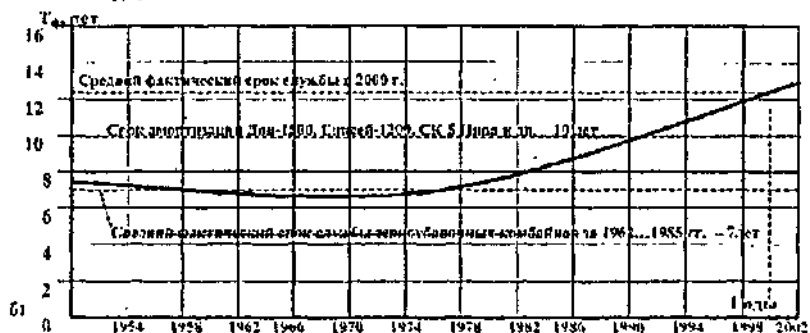
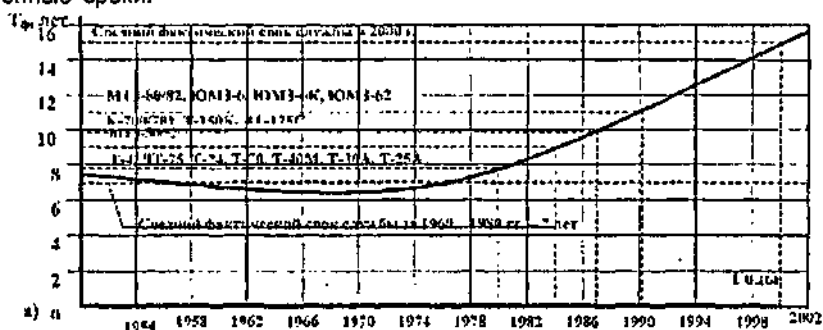
где T_a - амортизационный срок службы, лет;

$W_{\text{пл}}$, $W_{\text{фак}}$ - средняя годовая плановая и фактическая наработка в i -ом году, у.э.га;

$W_{\text{кол}}$, $W_{\text{ар}}$, $W_{\text{фер}}$ - средние годовые наработки соответственно в коллективных, арендных и фермерских хозяйствах, у.э.га.

Обработкой статистических данных за ряд лет определены закономерности изменения фактических сроков службы машин (рис. 8, а, б, в).

За 1960...1980 гг. средние фактические сроки службы тракторов и зерноуборочных комбайнов составляли 7 лет ($T_a = 10$ лет), кормоуборочных машин - 6 лет ($T_a = 8$ лет). В 1970...1982 гг. ежегодно преждевременно списаны 140...160 тыс. тракторов, 50...60 тыс. зерноуборочных комбайнов и 15...18 тыс. кормоуборочных машин, не выработавших амортизационные сроки.



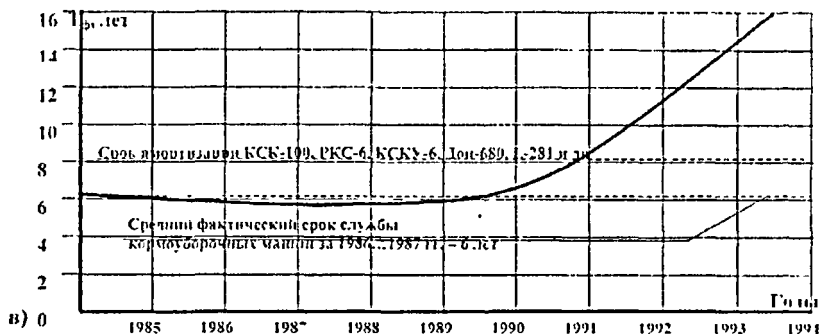


Рис. 8, а, б, в. Закономерности изменения фактических сроков службы машин: а-тракторов, б-зерноуборочных комбайнов, в-кормоуборочных машин

Средние T_{ϕ} зерноуборочных комбайнов за 1982-1985 гг. составили 6,8 лет (при $T_a=10$ лет), а в 2000 году - 14,3 лет, кормоуборочных машин соответственно 6 лет (при $T_a=10$ лет) и 16 лет.

На сроки службы машин существенное влияние оказывает среднегодовая наработка (W_j), которая в свою очередь зависит от форм собственности и размера хозяйств. При совместной эксплуатации машин хозяйствами и с увеличением посевных площадей повышается W_j .

По истечению T_a машин обычно они подвергаются КР и ресурсы отремонтированных машин не ниже 80% от ресурса новых (табл. 1).

Таблица 1

Средние по Российской Федерации амортизационные и продленные сроки службы машин

Марка машин	Амортизационные сроки службы, лет	Коэффициент восстановления ресурса, K_r	Сроки службы, лет	
			модернизированной машины	продленный
Тракторы МТЗ-80, МТЗ-82, ЮМЗ-6, ЮМЗ-6А, ЮМЗ-6К, К-700, К-701, Т-150К, ДТ-75, ДТ-75М, Т-150, ДТ-175С, Т-74, «Дон-1500», «Енисей-1200»	11,0 10,0 9,0	0,80 0,80 0,80	8,8 8,0 7,2	19...20 18 16
Т-4, Т-4А, Т-70С, Т-40, Т-40А, Т-25А, кормоуборочные и кукурузоуборочные машины	8,0	0,80	6,4	14

С учетом форм собственности T_m должны быть дифференцированы для коллективных, арендных и фермерских хозяйств. Установлены коэффициенты, учитывающие среднюю W_j тракторов в этих хозяйствах соответственно 1,0; 0,8 и 0,5. Дифференцированные возможные пределы увеличения T_m машин приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Амортизационные и рекомендуемые продленные сроки службы
модернизированных машин**

Марка машин	T _н , лет	W _н , ч.	W _н ^{мод.} за T _н , ч	K _н	Сроки службы, лет	
					модерни- зированной	продлен- ной пол- ный срок
К-700А, К-700	10	800	8000	0,80	8,0	18
Т-150К, Т-150КМ	10	500	5000	0,80	8,0	18
Т-4А, Т-250	8	950	7600	0,80	6,4	14
Т-150ДТ-175С	10	855	8550	0,80	8,0	18
ДТ-75М, ВТ-100/200	8	910	7280	0,80	6,4	14
ЛТЗ-145, МТЗ-142	11	1095	12095	0,80	9,0	20
МТЗ-80, МТЗ-82	11	1095	12045	0,80	9,0	20
Т-40М, Т-28А	8	365	4520	0,80	6,4	14
Т-70С	8	1065	8520	0,80	6,4	14
Т-16М, СШ-28	8	760	6080	0,80	6,4	14
СК-5М «Нива»	10	115	1150	0,80	8,0	18
«Дон-1500», «Енисей-1200»	10	120	1200	0,80	8,0	18
«Дон-1500Д»	10	100	1000	0,80	8,0	18
«Дон-680»	8	280	2240	0,80	8,0	14
«Дон-800»	8	280	2240	0,80	8,0	14
МТЗ-50, МТЗ-52	9	1080	2720	0,80	7,2	16

С учетом форм собственности хозяйств рекомендуемые продленные T_н тракторов могут быть увеличены до следующих пределов (табл. 3).

Таблица 3

**Дифференцированные продленные сроки службы машин,
используемые за пределами амортизационных сроков
с учетом их модернизации и форм собственности хозяйств**

Марка машин	Срок службы, лет		Рекомендуемые сроки службы машин, эксплуатируемых в различных хозяйствах, лет		
	амортиза- ционный	продленный с учетом мо- дернизации	в коллек- тивных	в арен- дных	в фермерс- ких
1	2	3	4	5	6
К-700/701	10	18	18	22	36
Т-150К, Т-150КМ	10	18	18	22	36
Т-150ДТ-175С	10	18	18	22	36
СК-5М, «Нива»	10	18	18	22	36
«Дон-1500», «Енисей-1200»	10	18	18	22	36
«Дон-1500Д»	10	18	18	22	36
МТЗ-50/52	9	16	16	20	32
ДТ-75М, ВТ-100/200	8	14	14	17	28
Т-70С	8	14	14	17	28
Т-40М, Т-25А	8	14	14	17	28
Т-16М, СШ-28	8	14	14	17	28
«Дон-680»	8	14	14	17	28

1	2	3	4	5	6
«Дон-800»	8	14	14	17	28
T-4A, T-250	8	14	14	17	28
MT3-142, ЛТЗ-145	11	20	20	27	40
MT3-80, MT3-82	11	20	20	27	40

Получены закономерности изменения коэффициентов обновления ($K_{обн}$) основных видов машин по России и зарубежным странам (рис. 9).

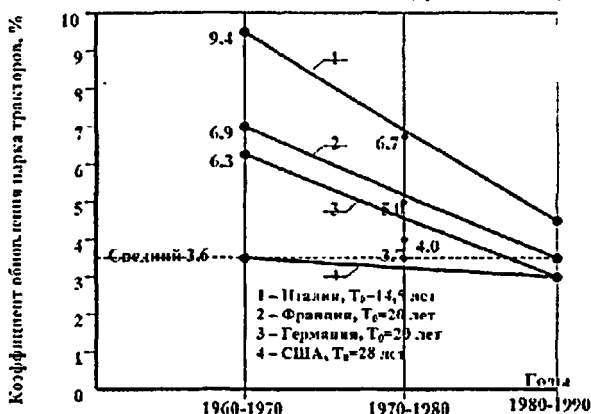


Рис. 9. Изменение коэффициентов обновления парка тракторов по годам

В течение ряда лет $K_{обн}$ тракторов и зерноуборочных комбайнов по России составлял 14%, кормоуборочных машин – более 16%, что создавало возможность преждевременно списывать технику через 6...7 лет её эксплуатации. В экономически развитых странах $K_{обн}$ не превышает 3,5...4%. При насыщении МТП страны $K_{обн}$ для тракторов и зерноуборочных комбайнов должен составлять 4...5%, для кормоуборочных машин 5...6%. Значения $K_{обн}$ дифференцируются по хозяйствам с учётом рентабельности: I группа - высокорентабельные, II группа – среднерентабельные, III группа – убыточные. Для этих групп $K_{обн}$ рекомендуется устанавливать в пределах 12...14%, 8...10% и 3...5% соответственно (табл. 4).

Таблица 4

Сроки службы и показатели обновления МТП по группам хозяйств

Показатели	Т _а , лет	Значения рекомендуемых сроков службы и значения показателей по группам хозяйств		
		I	II	III
Сроки службы, лет	11	8-10	11-15	15-20
	10	7-8	10-12	14-18
	9	6-7	9-11	12-15
	8	5-6	8-10	10-14
Коэффициент готовности, K_g		0,97-0,98	0,90-0,95	0,80-0,85
Коэффициент обновления, %		12-14	8-10	3-5
Коэффициент выбытия, %		11-13	7-9	1-2

Существующие нормативные затраты на ТОРХ машин, эксплуатируемых за пределами T_a , не соответствуют фактическим потребностям в них и требуют пересмотра. Разработанная методика определения затрат на ТОРХ машин базируется на закономерностях изменения затрат на ТОРХ машин в зависимости от срока их службы, условий использования техники, темпов инфляции. Новые нормативы затрат на ТОРХ машин определяются по формуле

$$C_{ТОРХ} = C_{ТОРХ}^6 \cdot K_{нд} \cdot K_{ср} \cdot K_{ин} \text{ или } C_{ТОРХ} = At^{\alpha} C_{ТОРХ}^6 K_{нд} K_{ин}, \quad (38)$$

где $C_{ТОРХ}^6$ - базовые значения денежных затрат на ТОРХ машин (на 1997 год), руб/7у.э.га;

K^{\wedge} - коэффициент, учитывающий изменение удельных затрат на ТОРХ машин в зависимости от срока службы;

K - коэффициент, учитывающий инфляцию, деноминацию (1997 год) и дефолт (1998 год) (к 01.01.2002г. $K^{\wedge} = 28,4$);

$K_{ин}$ - коэффициент, учитывающий инфляцию в текущем году.

At^{α} - зависимость, описывающая изменение $K_{ср}$ во времени;

Получены уравнения регрессии, позволяющие определить K^{\wedge} в зависимости от срока службы машин (табл. 5).

Таблица 5

Уравнения, описывающие изменения коэффициентов дифференцирования ($K_{ср}$) денежных затрат на ТОРХ машин в зависимости от срока их службы

Машины	Марки	Уравнения	R
Тракторы	К-700/701, Т-150К	$y = 0,4096x^{0,5218}$	0,97
	Т-4, Т-4А	$y = 0,414x^{0,322}$	0,96
	ДТ-75, ДТ-175С, ДТ-75М	$y = 0,4532x^{0,4469}$	0,94
	МТЗ-80/82	$y = 0,5925x^{0,3356}$	0,99
	МТЗ-50/52	$y = 0,5577x^{0,356}$	0,98
	ЮМЗ-6К/6М Т-40А	$y = 0,6125x^{0,3018}$	0,97
Зерноуборочные машины	Т-16, Т-25А	$y = 0,155x + 0,3972$	1,00
	«Дон-1500Б»	$y = 0,1202x + 0,488$	0,99
	СКД «Сибиряк»	$y = 0,0672x + 0,6353$	0,99
	СК-6 «Колос»	$y = 0,1458x + 0,2713$	1,00
	СК-5 «Нива»	$y = 0,4053x^{0,5567}$	0,99
Кормоуборочные машины	КСК-100, Е-280/281	$y = 0,0727x + 0,60$	0,99
Прицепные и навесные с-х машины	Все марки	$y = 0,073x + 0,60$	0,99

По полученным уравнениям рассчитаны значения $K_{ср}$ для машин, эксплуатируемых за пределами T_a .

С учетом значений K и $K_{ср}$ по формуле (38) определены нормативы удельных затрат на ТОРХ тракторов, зерноуборочных комбайнов и кормоуборочных машин по всем экономическим районам России.

В ЧЕТВЕРТОМ РАЗДЕЛЕ «Модернизация машин на стадии серийного производства» даны результаты исследований по повышению безотказности машин. Дана количественная оценка ремонтпригодности (РП)

машин, выявлены их конструктивные недостатки, повышающие затраты на ТОРХ. Разработаны и переданы предприятиям-изготовителям рекомендации по их устранению на стадии текущей модернизации.

Предложена программа поэтапного повышения ТУ машин при их изготовлении и технической эксплуатации.

Модернизация машин при их производстве основывается на информации об их надежности, полученной от потребителей техники, специалистов техсервиса, ТЦ, МТС, МИС и -предприятий Агроснаба. Для разработки эффективных мер по повышению ТУ на стадии производства все отказы подробно классифицируются.

Предложен метод установления последовательности реализации мероприятий по повышению безотказности машин на основе применения диаграммы Парето. Установлено, что по двигателям Д-240 и СМД-62 из всех отказов пять наименований отказов (проворачивание и выплавление вкладышей; излом коленчатого вала; износ ЦПГ; трещины блок картера и прогорание прокладки головки цилиндров) по стоимости устранения их последствий составляют соответственно 87 и 93% от всех затрат (рис. 10, а, б).

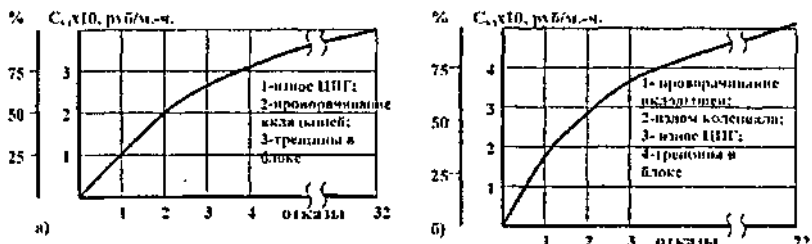


Рис. 10, а, б. Диаграммы Парето. Распределение затрат на устранение последствий отказов дизелей: а - Д-240, б - СМД-62

Определены характерные отказы комбайнов «Дон-1500Б» и их распределение по узлам, агрегатам и системам.

Использованием диаграммы Парето установлена очерёдность модернизации составных частей серийно выпускаемых машин. По зерноуборочным комбайнам «Дон-1500Б» в первую очередь подлежат текущей модернизации агрегаты гидросистемы (33,1%), жатвенная часть (17,3%) и механические передачи (10,7%), а в агрегатах гидросистемы - гидроцилиндры (31,4%), гидротрансмиссия (37,9) и гидрораспределители (24,4%).

Основная доля (46%) отказов по тракторам «Беларусь» падает на комплектующие изделия, а из комплектующих четвертая часть (24,8%) приходится на электрооборудование и 17,3% - на резинотехнические изделия и приборы (рис 11). Рекомендации по устранению этих отказов выданы ОАО «Минский тракторный завод».

Реализацией результатов исследований и внедрения конструкторско-технологических мероприятий при текущей модернизации тракторов МТЗ-80.1, МТЗ-80.2, К-700/701 и зерноуборочных комбайнов «Дон-1500Б» сред-

ние наработки на отказ II и III групп сложности повышены соответственно с 470 до 600, с 470 до 700, с 435 до 880 м-ч и с 22 до 30 ч (рис. 12, 13, а, б) Трудоемкость ТО этих машин снижена соответственно с 25,4 до 17,9, с 27 до 25 и с 62 до 50 чел.-ч. за цикл обслуживания (1000 м.-ч. и сезон работы-300 ч). Разработаны требования к безопасности и РП перспективных машин, включающие требования к общей компоновке, приспособленности конструкции к ТОРХ, диагностированию технического состояния.

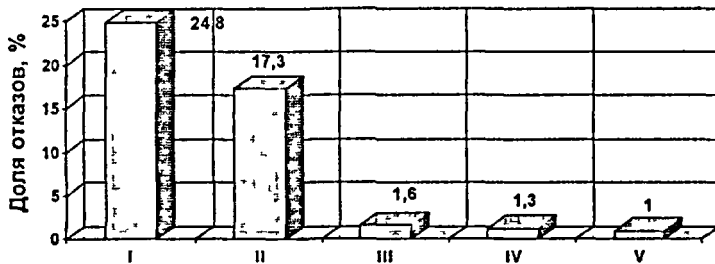


Рис. 11. Распределение отказов тракторов «Беларусь» по комплектующим изделиям: I – электрооборудование и приборы; II – резинотехнические изделия и приборы; III – асбобфрикционные; IV – подшипники; V – гидравлика (по данным МИС)

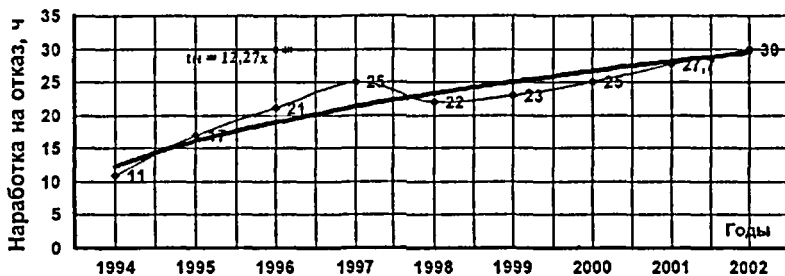


Рис. 12. Изменение средней наработки на отказ зерноуборочных комбайнов «Дон-1500Б» в зависимости от года выпуска (по данным МИС)

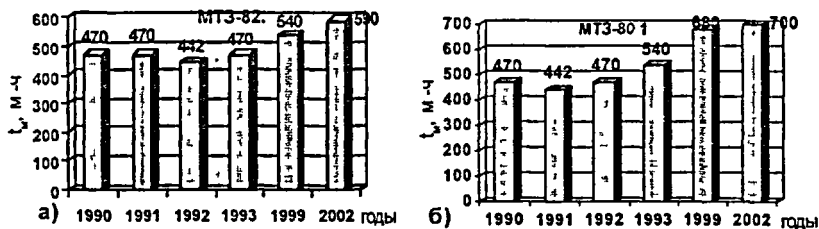


Рис. 14, а, б. Изменение средней наработки на отказ тракторов MTZ-80.1 и MTZ-82.1 по годам

ПЯТЫЙ РАЗДЕЛ "Модернизация технологического оборудования для животноводческих ферм" посвящен выбору математической модели надежности работы оборудования на этапе текущей модернизации. Получена зависимость для определения безотказной работы вакуумной системы доильной установки блочно-модульного типа

$$P(t) = \left[1 - (1 - P_n)^{n_1} \right] P_1 P_2 \left[1 - (1 - P_A P_{ж})^{n_2} \right] \left[1 - (1 - P_0)^{n_3} \right], \quad (39)$$

где $P_n, P_1, P_2, P_A, P_{ж}, P_0$ - вероятности безотказной работы соответственно вакуумного насоса, вакуумной системы, молокопровода, доильного аппарата, животного и оператора машинного доения;

n_1, n_2, n_3 - соответственно количество параллельных звеньев в доильной установке.

На основании полученной математической модели оценено влияние различных факторов на надежность функционирования доильной установки.

На рис. 14 представлен график зависимости безотказной работы $P(t)$ доильной установки от вероятности безотказной работы вакуумных насосов (P_1 и количества насосов (n_1)). Получены зависимости вероятности безотказной работы доильной установки $P(t)$ по вероятности безотказной работы доильного аппарата (P_A), животных ($P_{ж}$) и их количества (n_2), операторов (P^* и количества операторов (n_3)).

Получена зависимость для определения объемной производительности шестеренчатого вакуумного насоса

$$Q_T = 2bznp \left[\frac{T_H P_B}{T_H P_H} (S_{вп} - \Delta S) - (S_{зд} - \Delta S) \right], \quad (40)$$

где ΔS - площадь сечения корригированного объема впадины;

b, z - ширина и число зубьев ротора;

p - частота вращения;

T_B и T_H - температура газа на всасывании и нагнетании;

P_H и P_B - давление газа на всасывании и нагнетании;

$S_{вп}$ и $S_{зд}$ - площади впадины и пространства.

Моменты сопротивления для ведущего и ведомого ротора имеет следующие выражения:

$$M_k = \frac{\Delta P B}{2} \left(R^2 - R_n^2 - X_1^2 + 2R_n X_1 \sin \alpha \right); \quad (41)$$

$$M_z = \frac{\Delta P B}{2} \left(R^2 - R_n^2 - X_1^2 + 2R_n X_1 \sin \alpha \right), \quad (42)$$

где R_n и R_n - радиусы окружности выступов и начальной окружности;

X , - путь перемещения линии зацепления зубчатой пары в период действия перепада давления $\Delta P = P_n - P_e$.

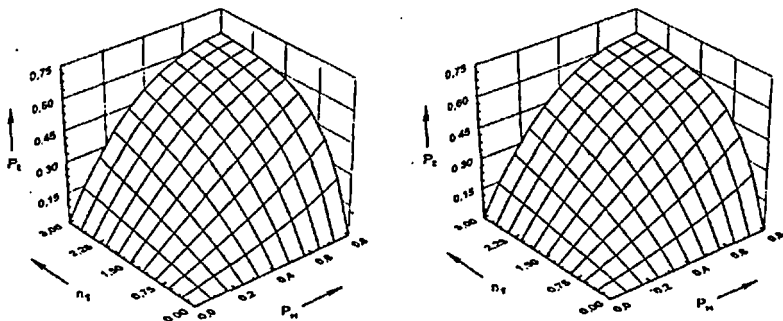


Рис. 14. Зависимость вероятности безотказной работы доильной установки (P_1) от вероятности безотказной работы вакуумных насосов (P_n) и количества насосов (n)

Математическая модель надежности работы системы животноводческого оборудования позволяет на этапе модернизации сформулировать технические требования, прогнозировать безотказность работы системы. Применение нагнетательных окон позволяет снизить температуру нагрева на 8... 10% и уменьшить потребляемую мощность на 6-8%, сократить уровень шума на 7...9%. Применение роторов с скорректированными впадинами позволило повысить производительность насоса на 9-11%. Подача воды через всасывающий патрубок позволяет снизить температуру газа в полости нагнетания на 30...40°C. По энергоёмкости, металлоёмкости, стоимости и эксплуатационным затратам имеются значительные преимущества модернизированного насоса по сравнению с серийными: энергоёмкость процесса составила 55 кВт·ч/м³, себестоимость - 3,61×10²/руб.м³. Годовой экономический эффект 4125,95 руб. при сроке окупаемости 0,55 года.

ШЕСТОЙ РАЗДЕЛ «Результаты повышения технического уровня машин, апробирование результатов исследования и экономическая эффективность работы» посвящен определению результатов повышения общетехнического уровня машин, апробации материалов исследования и экономической эффективности работы.

Оценка экономической эффективности от модернизации машин осуществляется по формуле

$$\mathcal{E}_v = \left(\frac{Z_n - C_{ост}^n}{W^0} - \frac{Z_{мод} - C_{ост}^{мод}}{W^м} \right) W^м, \quad (43)$$

где Z_n , $Z_{мод}$ - эксплуатационные затраты на выполнение работ с базовыми и модернизированными машинами до и после модернизации, руб;
 $C_{ост}^n$, $C_{ост}^{мод}$ - остаточная стоимость после эксплуатации базовых и модернизированных машин, руб;

Разработанные технорабочие проекты внедрены на предприятиях НПО "Агросервис" - в ОАО "Ремонтно-механический завод "Алмаз" (г. Казань), ОАО "МЗ К-700" (г. Набережные Челны), ОАО "Агровесотехника" (г. Казань), ООО "Агроэнергосервис" (Буинск), НПЦ "Агротехпрофесс" (г. Набережные Челны), ОАО "Лапшево-Агросервис" (г. Казань), где восстановлены и модернизированы 800 бывших в эксплуатации тракторов Т-150К, 200 тракторов К-700/701, 50 тракторов МТЗ-80/82, 40 зерноуборочных комбайнов "Дон-1500", 35 кормоуборочных комбайнов КСК-100 и - Е-281. В результате модернизации новой техники значительно повышен технический уровень и продлены сроки службы (табл. 6).

Таблица 6

Сравнительные показатели технического уровня тракторов К-700/701

Показатели	Значения показателей	
	базового	модернизированного
Номинальная мощность, л.с./кВт	270	300
Удельный расход топлива т/л.с.ч.	190	160
Средняя наработка на отказ II и III гр. сложности	200	800
КП	Гидромеханическая	Бесступенчатая фирмы «Фенд»
Средняя наработка на отказ КП, м - ч.	2500	4000
КПД	0,90	0,95
Гидросистема рабочее давление, кг/см ²	180	200
заправочная емкость, л	120	80
Уровень шума на рабочем месте, дБ	80	75

Средняя наработка на отказ модернизированного трактора К-700 с двигателем ЯМЗ-238 повышается на 11%; производительность МТА - на 15...20%; доля полевых работ, выполняемых в установленные агротехнические сроки, - на 18...20%; снижается удельный расход топлива, улучшаются условия труда оператора-водителя; снижаются затраты на ТОР на 20...25% .

При модернизации зерноуборочных комбайнов «Дон-1500Б» двигателя СМД-31А заменяются на более надежные и экономичные двигатели ЯМЗ-238АК, гидростатическая трансмиссия ходовой части (ГСТ-90) заменяется насос-мотором производства «Зауер» или «Линде». Новая отечественная шумотеплоизолированная кабина, снижающая шум с 85 до 75 дБ, уменьшающая вибрацию и запыленность, создает комфортные и безопасные условия труда. Традиционные бильный барабан заменяется «турбинным», режущий аппарат жатки - на более надёжный фирмы «Шумахер» (Германия). Механический привод заменяется гидроприводом, также производится замена резинотехнических изделий.

В результате модернизации комбайнов «Дон-1500Б» обеспечивается (по данным МИС) снижение потерь зерна на 6... 10%, расхода ТСМ - на 10... 18% и повышение средней наработки на отказ по машине с 22 до 30 ч. (в 1,36 раза).

Общая экономия от повышения безотказности тракторов К-700/701 и Т-150К, зерноуборочных комбайнов «Дон-1500Б» составляет 3,76 млн. руб.

Экономический эффект от повторного ввода машин, подлежащих списанию, в эксплуатацию составил 545,5 млн. руб. (табл. 7).

Таблица 7

Экономический эффект от повторного ввода в эксплуатацию машин, подлежащих списанию

Марка машины	Число отремонтированных и модернизированных машин, ед.	Квыб, в год, %	Выбытие за 1999-2002гг. всего, %	Число машин, подлежащих списанию, всего, ед.	Цена машины, млн. руб.	Общая экономия, млн. руб.
Тракторы: К-700/701	200	10	40	80,0	2,03	164,0
Т-150К	800	12	48	384,0	0,80	307,2
МТЗ-80/82	50	10	40	20,0	0,30	6,0
Комбайны: «Дон-1500Б»	40	10	40	16,0	1,85	29,6
КСК-100	20	12	48	10,0	2,10	24,0
Е-281	15	12	48	7,0	2,10	14,7
ИТОГО	1125	-	-	517,0	-	545,5

Общая годовая экономия средств от восстановления изношенных деталей в условиях ремонтного производства, ремонта и модернизации тракторов К-700/701, Т-150К, комбайнов «Дон-1500Б», КСК-100 и Е-281 составляет 634,75 млн. руб. (табл. 8).

Экономия металла от ремонта и модернизации указанной техники (1125 ед.) и ввода в эксплуатацию составляет 11 млн. т.

Таблица 8

Общий экономический эффект от внедрения результатов исследования (за 4 года)

№ пп	Показатели	Экономия средств, млн. руб.
1.	От восстановления и изготовления деталей, млн.руб.	35,64
2.	От повышения безотказности машин, млн.руб.	3,76
3.	От повторного ввода машин в эксплуатацию, млн.руб.	545,50
4.	От экономии трудовых затрат на изготовление машин, млн.руб.	30,00
5.	От экономии электроэнергии, млн.руб.	19,85
6.	Общий экономический эффект, млн.руб.	634,75

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Модернизация машин подразделяется на два вида: текущая модернизация серийно выпускаемых машин в условиях предприятия-изготовителя и эксплуатируемых - в условиях ремонтного производства. При модернизации обеспечивается повышение технического уровня машин за счет использования новых, более совершенных узлов и агрегатов. Целесообразность модернизации машин обуславливается значительной величиной их остаточной годности в конце амортизационного срока службы (T_a), которая составляет по тракторам, зерноуборочным комбайнам до 15%, кормоуборочным машинам - 20%; ведущим и ведомым мостам тракторов К-700/701 - 70%. В списанных тракторах 25...40% деталей остаются пригодными без дополнительных технологических воздействий; 40...55% имеют незначительные (0,2...0,3 мм) износы и подлежат восстановлению.

В НПО "Агросервис" РТ при ремонте и модернизации тракторов Т-150К, К-700/701, МТЗ-80/82, комбайнов "Дон-1500Б" кормоуборочных машин Е-280/281 и КСК-100 широко применяются изготовленные и восстановленные детали. Стоимость восстановленных деталей составляет 51...57% и изготовленных - 49...54% от цены новых при их ресурсе 85...90% от новых.

2. Разработанная математическая модель процесса модернизации машин учитывает основные факторы, обеспечивающие их работоспособность. Модель позволяет выделить в качестве управляемых параметров безотказность, производительность, экономичность и целенаправленно обеспечивать их повышение.

3. Изучено влияние основных показателей процесса (возраст машины, затраты на ремонт и модернизацию, наработка с начала эксплуатации, удельный расход топлива и мощность устанавливаемого при модернизации двигателя) и получены математические зависимости их влияния на стоимость модернизированной машины. Установлено, что исследуемые факторы оказывают существенное влияние на стоимость (коэффициент множественной корреляции более 0,86) и доля их влияния составляет свыше 74% от всех факторов, влияющих на изменение стоимости модернизированной машины. При этом среди исследуемых факторов наибольшее влияние оказывают возраст машины (весомость фактора 32%), затраты на ремонт и модернизацию (24%) и общая наработка (23%). Относительная ошибка расчетов не превышает 4,3%.

4. Остаточная стоимость подержанных машин ($C_{ост}$) зависит от уровня физического и морального износа, количества замененных узлов и агрегатов комплектности, стоимости устранения последствий отказов и эксплуатационных дефектов. Предложенная методика определения $C_{ост}$ учитывает также природно-климатические условия эксплуатации машины. Разработанные программные средства и рекомендованные нормативы облегчают расчеты. Предельные цены модернизированных машин ($C_{ост}$) зави-

сят от $C_{\text{ост}}$, стоимости запасных частей и материалов, трудовых затрат при ремонте, коэффициентов восстановления ресурсов ($K_{\text{в}}$) и налоговых отчислений. При увеличении гарантированного межремонтного ресурса по отношению к доремонтному до 85,90,95,100% их цена повышается соответственно на 5, 10, 15 и 20% от базовой цены (при $K_{\text{в}}=80\%$). К концу амортизационного срока службы $C_{\text{ост}}$ полнокомплектных тракторов составляет 10...15%, зерноуборочных комбайнов - 12...15% и кормоуборочных машин 15...20% от их первоначальной стоимости. $C_{\text{пред}}$ модернизированных тракторов не превышают 37...50%, зерноуборочных комбайнов - 50% и кормоуборочных машин - 33...37% от стоимости новых.

5. Определены закономерности изменения фактических сроков службы ($T_{\text{ф}}$) тракторов, зерноуборочных комбайнов и кормоуборочных машин. За 1960...1980 гг. $T_{\text{ф}}$ тракторов и зерноуборочных комбайнов составляли 7 лет (при $T_{\text{а}} = 10$ лет), кормоуборочных машин - 6 лет (при $T_{\text{а}} = 8$ лет). За этот период ежегодно преждевременно списывались 140...160 тыс. тракторов, 50...60 тыс. зерноуборочных комбайнов и 15...18 тыс. кормоуборочных машин, не выработавших $T_{\text{а}}$.

Теоретически обоснована и подтверждена в реальной эксплуатации возможность продления сроков службы ($T_{\text{л}}$ модернизированных машин). Получены расчетные формулы для определения рекомендуемых $T_{\text{л}}$ с учетом $T_{\text{а}}$, $K_{\text{в}}$, интенсивности использования машин в хозяйствах с различными формами собственности. Для машин, используемых за $T_{\text{а}}$ при обеспечении их ресурса до 80% от новых, $T_{\text{л}}$ продляются в 1,8...1,9 раза. Для машин, используемых в хозяйствах различной формы собственности, устанавливаются дифференцированные $T_{\text{л}}$: для арендных и фермерских хозяйств они увеличиваются в 1,98...2,90 раза от $T_{\text{а}}$.

6. Существующие нормативы затрат на ТОРХ машин, эксплуатируемых за пределами $T_{\text{а}}$, не соответствуют фактическим потребностям в них. Разработанная методика определения затрат на ТОРХ машин базируется на закономерностях их изменения в зависимости от $T_{\text{ф}}$ и условий использования машин. Получены расчетные формулы для определения нормативных затрат, учитывающие базовые значения нормативов удельных затрат на ТОРХ машин, закономерности их изменения в зависимости от $T_{\text{л}}$ и темпов инфляции. С увеличением $T_{\text{л}}$ ежегодное повышение удельных затрат на ТОРХ составляет: для тракторов класса 14 кН - 3,4 (ЮМЗ) ... 4,2% (МТЗ), 30-50 кН 4,9 (ДТ-175С)... 6,6% (К-700/701), зерноуборочных комбайнов - 6,5 (СКД "Сибиряк")... 12,6% (Дон-1500Б) и кормоуборочных машин - 7,0% (КСК-100). Полученные зависимости позволяют устанавливать дифференцированные нормативы затрат для различного возрастного состава машин и природно-климатических зон их использования.

7. Разработана математическая модель управления техническим состоянием машин в сфере их эксплуатации, которая учитывает стоимость новой и модернизированной машины, закономерности изменения текущих затрат, $K_{\text{в}}$. Модель позволяет определить оптимальные значения

доремонтных (t_{M0}^*), межремонтных (t_M^*) ресурсов и сроков службы (T_0) машин. Критерием оптимизации является минимум удельных издержек на поддержание машины в работоспособном состоянии с учетом потерь от простоев. Отклонение фактических затрат от расчетных не превышает 5...7%, что говорит об адекватности предложенной модели реальному процессу. Составлено программное средство, позволяющее определить t_{M0}^* и t_M^* при следующих вариантах задачи: $T_0 = \text{const}$ и $C_{kp} = \text{const}$; $T_0 = \text{const}$ и $C_{kp} = \text{Var}$; $T_0 = \text{Var}$ и $C_{kp} = \text{const}$, $T_0 = \text{Var}$ и $C^{\wedge} = \text{Var}$. По мере снижения K_B величины повышаются, а t_H^* - значительно снижаются. При различных величинах K_B целесообразно устанавливать дифференцированные значения C_0 в зависимости от качества ремонта машины. Значения достигаются только при одновременной оптимизации значений K_B , C^{\wedge} , n^{\wedge} и T_0 .

8. Получены закономерности изменения коэффициентов обновления ($K_{обн}$) основных видов машин по России и ведущим зарубежным странам. В течение ряда лет K^{\wedge} тракторов и зерноуборочных комбайнов по России составляли 14%, кормоуборочных машин 16%, что создавало возможность преждевременно списывать технику через 6...7 лет ее эксплуатации. В экономически развитых странах $K_{обн}$ не превышает 3,5...4,0%. При насыщении МТП страны $K_{обн}$ тракторов и зерноуборочных комбайнов должны составлять 4...5%, кормоуборочных машин 5...6%. Значения $K_{обн}$ дифференцируются по хозяйствам с учетом их формы собственности и рентабельности: I группа - высокорентабельные, II группа - среднерентабельные и III группа - убыточные. Для них устанавливаются $K_{обн}$ соответственно в пределах 12...14%, 8...10% и 3...5%.

9. Предложенная математическая модель надежности работы животноводческого оборудования позволяет на этапе текущей модернизации при серийном производстве сформулировать технические требования и прогнозировать безотказность работы системы и ее составляющих. Применение нагнетательных окон в торцах крышки и корпуса вакуумного насоса позволяет снизить температуру нагрева на 8...10% и уменьшить потребную мощность на 6...8%, снизить уровень шума на 7...9%. Применение роторов с скорректированными впадинами позволяет повысить производительность вакуумного насоса на 9...11%. Подача воды через всасывающий патрубок позволяет снизить температуру воздуха в полости нагнетания на 30...40°C. По энергоемкости, металлоемкости, стоимости и эксплуатационным затратам имеются значительные преимущества модернизированных насосов по сравнению с серийными: энергоемкость процесса составляет 55 кВт.ч/м³, металлоемкость - 0,076x10⁻³кг/м³, себестоимость - 3,61xЮ-2руб./м³.

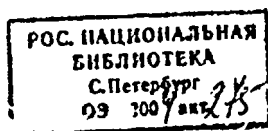
10. При текущей модернизации машин в условиях предприятий-изготовителей используется информация, полученная от дилеров, предприятий техсервиса и потребителей техники. В условиях НПО "Агросервис" РТ, которое является дилером ряда предприятий-изготовителей, выявлены конструктивные недостатки модернизируемых машин и определены характерные отказы, разработаны рекомендации по их устранению. Использо-

нием диаграммы Парето установлена очередность модернизации составных частей серийных машин. По комбайнам "Дон-1500Б" в первую очередь подлежат модернизации агрегаты гидросистемы (33,1%), жатвенная часть (17,3%) и механические передачи (10,7%), а в агрегатах гидросистемы - гидроцилиндры (31,4%), гидротрансмиссии (37,9%) и гидрораспределители (24,4%). Реализацией результатов исследований и внедрения конструкторско-технологических мероприятий при текущей модернизации тракторов МТЗ-80.1, МТЗ-80.2, К-700/701 и комбайнов "Дон-1500Б" средние наработки на отказ II и III групп сложности повышены соответственно с 470 до 600, с 470 до 700, с 435 до 880 м.-ч. и с 22 до 30 ч. Трудоемкость ТО этих машин снижена соответственно с 25,4 до 17,9, с 27 до 25 и с 62 до 50 чел.-ч. за цикл обслуживания (1000 м.-ч. и сезон работы- 300 ч.). Разработаны обобщенные эксплуатационно-технологические требования к безопасности и ремонтпригодности перспективных машин, включающие требования к общей компоновке, приспособленности конструкций к ТОРХ, диагностированию технического состояния.

10. Научное и технологическое обеспечение модернизации машин изложено в монографиях "Модернизация эксплуатируемой техники", "Резервы ресурсосбережения при эксплуатации сельскохозяйственной техники" и "Система менеджмента качества промышленных и ремонтно-обслуживающих предприятий", рекомендованных к использованию Минсельхозом России на предприятиях отрасли. Методики, нормативы и технологии, изложенные в монографиях, приняты к применению на машиностроительных и ремонтных предприятиях, а также в других организациях.

Результаты исследований внедрены в ОАО "Ремонтно-механический завод "Алмаз" (г. Казань), ОАО "PMЗ К-700" (г. Набережные Челны), ОАО "Агровесотехника" (г. Казань), ООО "Агроэнергосервис" (г. Буинск), НПЦ "Агротехнопрогресс" (г. Набережные Челны), ОАО ХК "Татагропромремонт" (г. Казань), где восстановлены и модернизированы 800 тракторов Т-150К, 200 тракторов К-700/701, 50 тракторов МТЗ-80/82, 40 комбайнов "Дон-1500Б", 35 кормоуборочных машин КСК-100 и "Е-281", определена номенклатура деталей, подлежащих восстановлению и изготовлению в условиях ремонтного производства. Средние затраты на ремонт и модернизацию тракторов Т-150К составили 200 тыс.руб., или 23% от цены нового трактора при 85% восстановлении ресурса и К-700/701 350 тыс.руб., или 14% от цены нового трактора при гарантийном обеспечении 85% ресурса. Обеспечено повышение безотказности этих машин в 1,8-4,0 раза, снижение удельного расхода топлива на 15-20%., уровня шума в кабине с 85 до 75 дБ, затрат на ТОРХ на 30...50%

Модернизация 1125 машин, используемых за T_a , обеспечила экономию металла - 11 млн. тн, электроэнергии - 19,8 млн. кВт.ч., труда - 800 тыс. чел.-ч. и увеличение T_o машин в 1,2-2,0 раза. Подтвержденный экономический эффект от внедрения результатов исследования за 4 года (1999-2002гг.) составил 634,75 млн.руб., или 158,69 млн.руб. в год.



Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Монографии

1. Хисметов Н.З. Модернизация эксплуатируемой техники. - Казань.: Изд. Казан, ун-та, -2003.- 272 с.

2. Хисметов Н.З. Резервы ресурсосбережения при эксплуатации сельскохозяйственной техники. - Казань: Издательство Казанского университета, -2003.- 115 с.

3. Халфин МА, Муракаев М.И., Хисметов Н.З. и др. Система менеджмента промышленного и ремонтно-обслуживающего предприятий. - М.: ФГНУ Росинформагротех. - 2003. - 180 с.

Научные статьи

4. Хисметов Н.З. Повышение качества продукции - приоритетная задача предприятий сельхозмашиностроения // Тракторы и сельхозмашины. - 2003. №8. - С. 41-44.

5. Хисметов Н.З., Волков И.Е. Некоторые особенности расчета нагнетательных окон шестеренчатого вакуумного насоса. //Механизация технологических процессов в растениеводстве и животноводстве. Сб. трудов молодых ученых. -Казань: КГСХА-1996. - С.122-124.

6. Хисметов Н.З., Волков И.Е., Тазиев И.В. Некоторые пути повышения надежности машинного доения коров. // Механизация технологических процессов в растениеводстве и животноводстве. Сб.трудов молодых ученых. -Казань: КГСХА.-1996.- С. 118-121.

7. Хисметов Н.З., Волков И.Е. Некоторые результаты исследования вакуумного насоса малой мощности, используемого для машинного доения. // Труды научно-практической конференции. Актуальные проблемы аграрного сектора. 4.4. Технические науки. - Ижевск: Ижевская Государственная сельхозакадемия,,- 1997. - С. 44-46.

8. Хисметов Н.З., Волков И.Е. Теоретические предпосылки к исследованию динамики шестеренчатого вакуумного насоса//Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. Юбилейный сборник научных трудов. Ч. 3. -Казань: КГСХА.-1997.- С. 269-276.

9. Хисметов Н.З., Волков И.Е., Зиганшин Б.Г. Построение источника вакуума доильной установки блочно-модульного типа. Материалы научной конференции сотрудников.-Казань: ФМСХ, КГСХА. 1998. - 97 с.

10. Хисметов Н.З., Волков И.Е., Зиганшин Б.Г, Матяшин А.В. Экспериментальный стенд для исследования шестеренчатого вакуумного насоса. Материалы научной конференции сотрудников. -Казань: ФМСХ КГСХА.-1988,- 102 с.

11. Хисметов Н.З., Фролов Н.М., Волков И.Е. Двухроторный шестеренчатый вакуумный насос для машинного доения. Материалы научной конференции сотрудников ФМСХ. Казань: КГСХА. -1998. - С. 96.

12.Хисметов Н.З. К обоснованию производительности шестеренчатого вакуумного насоса. Материалы научной конференции сотрудников ФМСХ. - Казань: КГСХА. -1999. -101 с.

13.Хисметов Н.З., Ильязов Р.Т. и др. Агроэкологические проблемы в условиях технического загрязнения сельскохозяйственных угодий республики Татарстан. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции "Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в условиях техногенного загрязнения агроэкоэконом". - Казань: КГСХА.-С. 110-120.

14.Хисметов Н.З., Габдуллин Г.Г. и др. Системы управления и контроля технологического процесса высева посевными машинами и агрегатами. Материалы участников X1 Международной научно-практической конференции "Научно-технический прогресс в инженерной сфере АПК России. Проблемы развития машинных технологий и технических средств производств сельскохозяйственной продукции".- М.:ВИМ. - 2002.

15.Хисметов Н.З. Агротехнические приемы обработки почвы в условиях техногенного загрязнения сельскохозяйственных угодий. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции "Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в условиях техногенного загрязнения агроэкоэконом". - Казань: КГСХА.- 2002.

16.Хисметов Н.З. Применение вакуумной техники для производства безопасной молочной продукции. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции "Агроэкологические проблемы сельскохозяйственного производства в условиях техногенного загрязнения агроэкоэконом". - Казань: КГСХА.- 2002.

17.Хисметов Н.З., Сидыганов Ю.Н. Новые технологии восстановления изношенных деталей и машин. Научные труды ВИМ, том 141. Технологическое и техническое обеспечение производства продукции растениеводства"- М.: ВИМ.- 2002.

18.Хисметов Н.З. Вакуумная система доильной установки блочно-модульного типа. Сборник докладов X1 Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных, первичной обработке и переработке молока. - Казань.: КГСХА. - 2002.

19.Хисметов Н.З. Разработка вакуумной системы, обеспечивающей получение экологически чистой продукции. Сборник докладов X1 Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных, первичной обработке и переработке молока. - Казань: КГСХА. - 2002.

20.Хисметов Н.З. Некоторые особенности проектирования вакуумной системы для доильных установок. Сборник докладов X1 Международного симпозиума по машинному доению сельскохозяйственных животных, первичной обработке и переработке молока. - Казань: КГСХА. - 2002.

21. Хисметов Н.З., Сизов ОА, Шайхов М.К. Повышение экологической эффективности агротехнических приемов возделывания сельскохозяй-

ственных культур в условиях техногенного загрязнения среды. Научные труды ВИМ. - М.: -2002.

22.Халфин М.А., Хисметов Н.З. Перспективные направления инженерно-технической сферы АПК России. // "МТС" №15 - 2002.

23.Халфин М.А., Хисметов Н.З., Сидыганов Ю.Н. Проблемы повышения безотказности и ремонтпригодности зерноуборочных комбайнов. // Ремонт, восстановление и модернизация. - 2002. - №12. - С. 13-22.

24.Халфин М.А., Хисметов Н.З. и др. Проблемы повышения безотказности и ремонтпригодности зерноуборочных комбайнов. // Ремонт, восстановление и модернизация. - 2002. - №1. - С. 33-37 (продолжение).

25.Халфин М.А., Александровский И.А., Хисметов Н.З. Состояние и перспективы повышения надежности зерноуборочных комбайнов. //Тракторы и сельхозмашины.- 2002. -№1. - С. 27-33.

26.Халфин М.А., Хисметов Н.З., Сидыганов Ю.А. Перспективы обновления тракторного парка России. //Достижение науки и техники АПК. - 2002.-№11. -С. 27-31.

27.Халфин М.А., Хисметов Н.З. Состояние и проблемы повышения технического уровня машин для АПК.// МТС. - 2003. - №17.

28.Халфин М.А., Хисметов Н.З. Сертификация услуг- основа повышения качества ремонта машин. // МТС. -.2003. - №17.

29.Хисметов Н.З. Формирование и функционирование вторичного рынка подержанной техники для АПК. // МТС. - 2003. - №16. - С. 28-32.

30.Хисметов Н.З. Разработка и обоснование параметров и режимов работы вакуумной системы блочно-модульного типа для доильных установок молочных ферм и фермерских хозяйств. Автореферат- дисс канд.-техн.наук.- Казань: КГСХА. -1999. - 22с.

31.Халфин М.А., Хисметов Н.З. Управление качеством - основа повышения надежности и обеспечения конкурентоспособности техники для АПК.//МТС-2003.-№17.

32.Халфин М.А.Хисметов Н.З. Селу - конкурентоспособную технику. // Механизация и электрификация с.-х.- 2003. - №6.

33.Хисметов Н.З. Рекомендация по повышению качества и надежности техники. //Ремонт, восстановление, модернизация. - 2003. - №7.

34.Халфин М.А., Хисметов Н.З. Опыт восстановления подержанных тракторов "Беларусь" при их одновременной модернизации. //Ремонт, восстановление и модернизация. - 2003. - №8. - С. 17-20.

36.Халфин М.А., Хисметов Н.З.,Сидыганов Ю.Н. Проблемы совершенствования техсервиса и повышения качества ремонта машин в АПК. // Ремонт, восстановление и модернизация. - 2003. - №1. - С. 19-22.

36.Хисметов Н.В. Доильные установки. Особенности проектирования вакуумной системы. //Агрорынок.- 2003. - №1. - С. 17-20.

37.Хисметов Н.Э., Танеев А.А. Модернизация доильного оборудования - решение многих проблем. //Агрорынок.- 2003. - №1.

38.Хисметов Н.З. Вакуумная техника и производство экологически безопасной молочной продукции. Материалы международной научно-технической конференции "Энергосбережение в с.-х."- М.: ВИЗСХ. - 2000.

39. Хисметов Н.З. Некоторые особенности проектирования вакуумной системы для доильных установок. Материалы международной научно-технической конференции "Энергосбережение в с.-х."// - М.: ВИЭСХ. - 2000.

40. Зиганшин Б.Т., Волков И.Е., Хисметов Н.З., Дробилка молотковая безрешетная. Патент на изобретение №2119821. Зарегистрирован 10.10.1998.

41. Хисметов Н.З., Зиганшин Б.Г., Волков И.Е. Устройство для планового распределения модуля помола в безрешетной молотковой дробилке кормов. Патент на изобретение № 2120726. Зарегистрирован 27.10.1998.

42. Хисметов Н.З., Зиганшин Б.Т., Волков И.Е. Дробилка безрешетная молотковая. Патент на изобретение №2131778. Зарегистрирован 20.06.1999.

43. Хисметов Н.З. Вакуумная система доильной установки блочно-модульного типа. Труды XI Международного симпозиума по машинному доению с.-х. животных и первичной обработке молока. - Казань: КГСХА. - 2003. - С. 201.

44. Хисметов Н.З. Изыскание и анализ способов повышения машинного доения. Труды XI Международного симпозиума по машинному доению с.-х. животных и первичной обработке молока. - Казань: КГСХА. - 2003. - С. 139.

45. Хисметов Н.З. Формирование технических объектов механизации молочных ферм на основе системного анализа. Труды XI Международного симпозиума по машинному доению с.-х. животных и первичной обработке молока. - Казань: КГСХА. - 2003. - С. 148-150.

46. Хисметов Н.З. Энергосбережение при производстве экологически безопасной молочной продукции. Энергообеспечение и энергосбережение в с.-х. Труды 3-й Международной НТ конференции, -М.: 15 мая. - 2003.- ГНУ ВИЭСХ.

47. Хисметов Н.З. Особенности проектирования вакуумной системы доильных установок. Энергообеспечение и энергосбережение в с.х. Труды 3-й Международной НТ конференции, 15 мая. - М.: ГНУ ВИЭСХ. -С. 173-174.

48. Халфин М.А., Хисметов Н.З. Основы эффективности топливно-энергетических ресурсов на с.-х. предприятиях. Энергообеспечение и энергосбережение в с.х. Труды 3-й Международной НТ конференции, 15 мая.- 2003.-М.: ГНУ ВИЭСХ.-С. 312-317.

49. Хисметов Н.З. Новые технологии восстановления изношенных деталей и машин. Научные труды ВИМ, т. 141, ч. 2. Технологическое и техническое обслуживание производства продукции растениеводства. - М.: ВИМ. -2002. -С. 187-189.

50. Сизов О.А., Хисметов Н.З. и др. Повышение экологической эффективности агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур в условиях техногенного загрязнения среды. Научные труды ВИМ, т. 145, Технологическое и техническое обслуживание производства продукции растениеводства. - М.: ВИМ. - 2002. - С. 106-113.

51. Хисметов Н.З. Производить только то, что продается. // Сельский механизатор. - 2003. - №6. - С. 4-5.

52. Халфин М.А., Хисметов Н.З. и др. Опыт работы предприятия техсервиса по восстановлению и модернизации с.-х. техники. Научный отчет ГОСНИТИ.-М.: ГОСНИТИ. - 2003. - 250 с.

53. Хисметов Н.З., Цой Ю.А., Танеев А.А. Перевод межгосударственного стандарта (переработанный и дополненный) ИСО 3918 (Второе издание 15.12.1996г.). Установки доильные. Словарь терминов. Толкователь терминов. - 59 с.

54. Хисметов Н.З., Цой Ю.А., Танеев А.А. и др. Перевод межгосударственного стандарта (переработанный и дополненный) ИСО 5707 (Второе издание 01.07.1996г.). Установки доильные. Конструкции и техническая характеристика. - 54 с.

55. Хисметов Н.З., Цой Ю.А., Танеев А.А. и др. Перевод межгосударственного стандарта (переработанный и дополненный) ИСО 6690 (Второе издание 05.12.1996г.). Установки доильные. Механические испытания. (Тестирование). - 52 с.

56. Юлдашов А.К., Хисметов Н.З. Динамические информационные характеристики двигателей внутреннего сгорания. // Сборник международной конференции "Автомобиль и техносфера". - Казань: КГСХА. - 2003.

57. Хисметов Н.З. Моделирование техники и развития деятельности агросервиса ("Аспекты качества, эргономики и геоэкологии"). - Казань: КГСХА. - 2003.

58. Халфин М.А., Хисметов Н.З. О сроках службы машин. // Тракторы и сельхозмашины. - 2003. - №12.

59. Хисметов Н.З. Модернизация техники и развитие деятельности агросервиса (аспекты качества, эргономики и геоэкологии). Казань: КГСХА. - 2003.

60. Хисметов Н.З. Анализ практики механизации сельского хозяйства в аспекте современных требований и нового прочтения качества (эргономические показатели, функциональная надежность, безопасность, геоэкология земельных ресурсов). Казань: КГСХА. - 2003.

61. Халфин М.А., Хисметов Н.З. и др. Проведение исследований и разработка высокоэффективной системы поддержания работоспособности машинно-тракторного парка. // Научный отчет ГОСНИТИ о выполнении Государственного контракта №877/26 с Минсельхозом России. - М.: ГОСНИТИ. - 2003. - 150 с.

62. Халфин М.А., Хисметов Н.З. Эффективно использовать поддержанную технику. // МТС, №3. - 2003. - С.

63. Халфин М.А., Хисметов Н.З. Новые нормативы на техническую эксплуатацию машин, используемых за амортизационными сроками службы. Научные проблемы и перспективы развития ремонта, обслуживания машин и восстановление деталей. Международная научно-техническая конференция. - М.: ГОСНИТИ. - 2003.

64. Хисметов Н.З., Халфин М.А. Перспективы развития технического сервиса в АПК России в новых экономических условиях. // Ремонт, восстановление и модернизация. 2003. - №5. - С.3-9.

65. Халфин М.А., Хисметов Н.З. Состояние и проблемы повышения технического уровня машин в АПК. // Ремонт, восстановление и модернизация. - 2003. - №9. - С. 42-45.

66. Халфин М.А., Хисметов Н.З. Вторичное использование подержанной техники - основа ресурсосбережения в АПК. // Достижение науки и техники АПК. - 2003. - №11.

67. Хисметов Н.З. Организация сервисного обслуживания оборудования для механизации животноводческих ферм. // МТС, №3.- 2003.

68. Халфин М.А., Хисметов Н.З. и др. Селу - конкурентоспособную технику // МТС. - 2004. - №3. - С. 16-32.

69. Халфин М.А., Хисметов Н.З. Проблемы создания конкурентоспособной техники. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2004. - №5.

Подписано в печать 23.03.2004 г.
Печать офсетная. Гарнитура "Ариэль".
Формат 60x84/16. Объем 2,0 п.л. Тираж 100 экз. Заказ 618.

ГОСНИТИ
109428, Москва, 1-й Институтский пр., д. 1.

№-3867