

На правах рукописи



Кущева Елена Николаевна

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ
И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА
ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Специальность 05.20.03 – Технологии и средства технического обслуживания
в сельском хозяйстве

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Зерноград – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия» (ФГБОУ ВПО АЧГАА).

- Научный руководитель:** Доктор технических наук,
старший научный сотрудник
Курочкин Валентин Николаевич
- Официальные оппоненты:** **Алексенко Николай Петрович,**
доктор технических наук, профессор
(ФГБОУ ВПО АЧГАА, профессор кафедры)
- Димитров Валерий Петрович,**
доктор технических наук, профессор
(ФГБОУ ВПО ДГТУ, зав. кафедрой)
- Ведущая организация:** Федеральное государственное учреждение
Северо-Кавказская государственная
Зональная машиноиспытательная станция
(Сев.-Кав. МИС, г. Зерноград)

Защита состоится 24 декабря 2013 г. в 13-00 часов на заседании диссертационного совета Д.220.001.01 в Азово-Черноморской государственной агроинженерной академии по адресу: 347740, г. Зерноград Ростовской области, ул. Ленина 21, в зале заседания диссертационного совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО АЧГАА.

Автореферат разослан 22 ноября 2013 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



Н.И. Шабанов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Анализ современных тенденций развития технического сервиса, характеризующий повышение показателей надежности зерноперерабатывающего оборудования в связи с усложнением его конструкции, а также результаты анализа зарубежных исследований в указанной отрасли позволили сделать вывод о необходимости дальнейшего совершенствования организации системы технического сервиса. Существующие способы обеспечения надежности функционирования зерноперерабатывающих предприятий несовершенны и основаны на применении мобильных средств технического обслуживания, причем целостная система технического сервиса отсутствует. Реализация указанной системы предполагает наличие и эксплуатацию целого комплекса мобильного и стационарного технологического оборудования, что требует значительных капитальных вложений, существенных затрат энергетических и трудовых ресурсов. Поэтому тема диссертационной работы, посвященная совершенствованию организации и повышению эффективности системы технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования, является актуальной.

Цель исследования – совершенствование организации и повышение эффективности технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования путем обоснования рациональных параметров и режимов его функционирования, обеспечивающих снижение затрат на зернопереработку и повышение конкурентоспособности зерноперерабатывающих предприятий.

Объект исследования – организация, режимы и параметры функционирования подсистемы технического сервиса технологического оборудования зерноперерабатывающих предприятий, показатели его надежности.

Предмет исследования – закономерности влияния организации и режимов работы технического сервиса технологического оборудования зерноперерабатывающих предприятий на показатели надежности и эффективности его функционирования.

Научную новизну работы составляют:

- установленные в результате экспериментальных исследований закономерности потоков требований на ремонтно–обслуживающие операции, интенсивности отказов и восстановлений, эксплуатационные показатели надежности зерноперерабатывающего оборудования (безотказность, средняя трудоемкость восстановлений, коэффициент технического использования);
- выявленные аналитические зависимости между точечными характеристиками распределений продолжительности ожидания заявок на обслуживание и в очереди, количества занятых обслуживанием и простаивающих постов от интенсивности потоков отказов и восстановлений зерноперерабатывающего оборудования, его безотказности и вероятностей состояний централизованной, комбинированной и автономной систем организации технического сервиса;
- разработанные экономико–математические модели, раскрывающие

взаимосвязь между количеством постов технического сервиса, организацией и эффективностью обслуживания, позволяющие выполнять оптимизацию данных систем сервиса, минимизируя сумму элементов затрат на обслуживание зерноперерабатывающего оборудования и простоев постов по разработанным алгоритмам имитационного моделирования;

- установлено влияние системы управления надежностью на экономическую эффективность технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования и коэффициент его технического использования.

Новизна организационного решения подтверждена свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013612142.

Практическая ценность заключается:

- В способе организации технического сервиса путем создания системы управления надежностью.

- В повышении эффективности технического сервиса зерноперерабатывающего предприятия. Обоснована рациональная организация, параметры и режимы работы постов обслуживания.

- В разработке методики управления эффективностью и надежностью зерноперерабатывающего оборудования.

На защиту выносятся следующие положения:

1. Экспериментально установленные зависимости и точечные характеристики, описывающие интенсивности потоков требований на ремонтно-обслуживающие операции, показатели эксплуатационной надежности и потоков восстановлений зерноперерабатывающего оборудования.

2. Структуры централизованной, комбинированной и автономной систем организации обслуживания, компоненты системы управления надежностью, включая математические модели, позволяющие выполнить оптимизации систем технического сервиса по стоимостному критерию.

3. Рациональные параметры и режимы технического обслуживания зерноперерабатывающего оборудования, полученные на основе математической модели.

4. Рекомендации по системе управления надежностью.

Методика исследования: основана на положениях теорий надежности, вероятностей, марковских процессов и их приложений к системам массового обслуживания, теории планирования экспериментальных исследований, а также использована теория и практика ремонта и технического обслуживания технологического оборудования. Результаты исследований обрабатывались с применением прикладного пакета статистических программ *Statistic*, *Excel* и *MathCAD*.

Достоверность результатов работы. Выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационном исследовании, базируются на теоретических положениях и научных принципах, разработанных ведущими учеными по фундаментальным и прикладным аспектам научной специальности «Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве». Основные выводы диссертационного исследования обоснованы теоретическими положениями и экспериментальными данными. Достоверность исследований и адекватность

полученных результатов подтверждается оценочными коэффициентами многофакторного эксперимента.

Научная апробация работы и публикации. Основные результаты исследований доложены на научно-практических конференциях ФГОУ ВПО АЧГАА с 2008 по 2012 годы, Международной академии финансовых технологий в г. Пятигорске; по результатам исследований опубликовано 14 печатных работ, в том числе 6 в изданиях рекомендованных ВАК РФ, 1 свидетельство на регистрацию программы для управления надежностью зерноперерабатывающего оборудования для ЭВМ № 2013612142.

Реализация результатов исследования. Основные результаты исследования приняты для практического применения в ОАО «Ростовремагропром» и РГУП «Экспериментальное» (Зерноградский район Ростовской области.) и Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, библиографического списка, включающего 151 наименование, в том числе 2 на иностранном языке. Содержание работы изложено на 169 страницах машинописного, включая 37 рисунков, 20 таблиц и приложения. В приложение входят свидетельство о регистрации программы РФ для ЭВМ № 2013612142; акт о внедрении на ОАО «Ростовремагропром»; акт РГУП «Экспериментальное», акт Министерства сельского хозяйства и продовольствия Ростовской области, алгоритмы моделирования систем организации технического сервиса, структура системы управления надежностью.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулирована цель исследований, изложено краткое содержание работы, представлены основные положения, выносимые на защиту, и изложена краткая характеристика диссертации.

В первой главе «**Анализ состояния вопроса обеспечения эксплуатационной надежности зерноперерабатывающего оборудования**» дан аналитический обзор исследований, посвященных технологическому процессу и теоретическим вопросам организации технического обслуживания и ремонта в сельском хозяйстве, перерабатывающей промышленности России и зарубежья.

Вопросам обеспечения надежности посвящены выполненные исследования в сфере эксплуатации МТП, в частности, работы академиков В.М. Кряжкова, А.В. Веденяпина, М.С. Рунчева, А.Э. Северного и др. В методическом плане представляют научный интерес работы по моделированию систем Э.И. Липковича, А.И. Бурьянова, Ю.Н. Блынского, В.П. Димитрова и других.

Теорию надежности использовали для исследований и обоснования базы ремонта и технического обслуживания МТП ведущие ученые В.М. Кряжков,

С.С. Черноиванов, И.Е. Ульман, А.В. Ленский, Н.С. Пасечников, В.В. Михлин, Н.И. Агафонов, Н.П. Алексенко, Н.В. Валуев, В.Н. Курочкин и др..

Установлено, что объект исследования является стохастической открытой системой, характеризующейся параметрами надежности и эффективности функционирования.

Эти параметры исследованы с использованием теории надежности, теории вероятностей и математической статистики, теории марковских процессов и теории массового обслуживания.

Установлено, что в производящих субъектах РФ в последние десятилетия интенсивно развивается переработка зерновых культур на базе интеграции сельхозтоваропроизводителей в агрохолдинги. Построено и введено в эксплуатацию современное зерноперерабатывающее оборудование отечественного и зарубежного производства. Однако база технического сервиса носит фрагментарный характер, создается стохастично и по-разному, без должного научного обоснования. Это приводит к снижению безотказности и коэффициента технического использования до значений 0,70–0,77, росту потерь от простоев технологического оборудования и снижению производительности по этой причине на 10–15%.

Совершенствование организации технического сервиса может быть выполнено с использованием методов компьютерного моделирования.

На основании анализа состояния вопроса сформулирована **научная гипотеза**: повышение эффективности технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования посредством усовершенствования его организации.

Рабочая гипотеза: совершенствовать организацию и повысить эффективность технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования возможно путем обоснования системы управления надежностью методом имитационного компьютерного моделирования.

Для проверки научной гипотезы определены **задачи исследования**:

- Обосновать критерии надежности и эффективности функционирования зерноперерабатывающего предприятия на основе теории массового обслуживания, теории марковских процессов и математического моделирования.
- Разработать методику экспериментальных исследований и формирования информационного обеспечения экономико-математических моделей (целевых функций).
- Исследовать закономерности потоков отказов и восстановлений, выявить влияние режимов и параметров системы технического обслуживания и ремонта технологического оборудования зерноперерабатывающего предприятия на показатели эффективности и надежности ее функционирования.
- Выявить взаимосвязь экономической эффективности зернопереработки и параметров и режимов работы системы технического сервиса, выявить факторы, влияющие на снижение затрат и повышение конкурентоспособности зерноперерабатывающего оборудования.

- Разработать рекомендации по совершенствованию организации и повышению эффективности технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования.

Во второй главе «Теоретические исследования по совершенствованию организации и эффективности технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования» рассмотрена общая методика теоретических исследований, основанная на системном подходе, теории вероятностей, теории надежности и теории массового обслуживания.

С точки зрения теории систем зерноперерабатывающее предприятие можно разделить на зерноперерабатывающую систему и подсистему технического сервиса и математически их описать как системы массового обслуживания.

Установлено, что возникновение отказов подчиняется закону Пуассона, причем заявка на обслуживание возникает одновременно с отказом. Пуассоновский входящий поток позволяет использовать аналитические методы теории массового обслуживания.

Решение данной задачи для математических ожиданий и вероятностей состояний системы известно из теории марковских процессов. Нами использованы известные решения дифференциальных уравнений, описывающих данные системы массового обслуживания, для оптимизации параметров и режимов обслуживания зерноперерабатывающего оборудования.

В соответствии со стандартом ГОСТ Р 27.001-2009 механизм функционирования зерноперерабатывающего оборудования должен быть направлен на распределение ресурсов обеспечения надежности обслуживаемой и обслуживающей подсистем по целевой функции, учитывающей интенсивности потоков отказов и восстановлений.

Аналитические зависимости теории массового обслуживания использованы для анализа работы централизованной, автономной и комбинированной систем организации технического сервиса зерноперерабатывающих предприятий при определении их эффективности. Для этого разработаны математические модели для выбора наиболее эффективных схем технического сервиса, включающие известные решения дифференциальных уравнений (1–3).

Целевая функция для централизованной системы организации технического сервиса имеет вид:

$$\begin{aligned}
 F_{цстс} = & (\lambda q_{ож} + q_{np} \sum_{k=0}^{n-1} \frac{n-k}{k!} \cdot \alpha^k \left[\sum_{k=0}^{n-1} \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{(n-1)!(n-\alpha)} \right]^{-1} + \\
 & + (n - \sum_{k=0}^{n-1} \frac{n-k}{k!} \cdot \alpha^k \left[\sum_{k=0}^{n-1} \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{(n-1)!(n-\alpha)} \right]^{-1} \cdot q_k) \cdot \quad , \quad (1) \\
 & \cdot \frac{\overline{t_{обс}}}{(n-\alpha)} \cdot \frac{\alpha^n}{(n-1) \cdot (n-\alpha)} \cdot \left[\sum_{k=0}^{n-1} \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{(n-1)!(n-\alpha)} \right]^{-1} \rightarrow \min,
 \end{aligned}$$

где λ – параметр потока заявок на обслуживание; $q_{ож}$ – ущерб от простоя заявок в очереди, тыс. руб.; q_{np} – ущерб от простоя поста обслуживания централизованной системы технического сервиса, тыс. руб.; n – максимальное количество постов; k – текущее количество постов; $t_{обс}$ – средняя продолжи-

тельность обслуживания, часов; α – параметр системы.

Ввиду существования различных групп отказов наибольшее распространение получила комбинированная система технического сервиса, для которой целевая функция имеет вид:

$$F_{КСТС} = \{ \lambda_1 q_{ож} + \lambda_2 q_{ож} + q_{np} \sum_{k=0}^n (n-k) \frac{(n-\alpha_1) En(\alpha_1 + \alpha_2)}{n - \alpha_1 + \alpha_1 En(\alpha_1 + \alpha_2)} \left(\frac{\alpha_1}{n} \right)^{k-n} + \left[\sum_{k=0}^n k \cdot \frac{n - \alpha_1}{n - \alpha_1 + \alpha_2 En(\alpha_1 + \alpha_2)} \cdot \left(\frac{\alpha_1}{n} \right)^{k-n} + \sum_{k=n+1}^{\infty} n \cdot \frac{n - \alpha_1}{n - \alpha_1 + \alpha_2 En(\alpha_1 + \alpha_2)} \cdot \left(\frac{\alpha_1}{n} \right)^{k-n} \right] \cdot q_k \} \cdot \frac{1}{\mu(n - \alpha_1)} \cdot \sum_{k=n}^{\infty} \frac{n En(\alpha_1 + \alpha_2)}{n - \alpha_1 + \alpha_2 En(\alpha_1 + \alpha_2)} \rightarrow \min. \quad (2)$$

где λ_1 – параметр потока заявок первого типа; λ_2 – параметр потока заявок

второго типа; α_1 – параметр системы первого типа; α_2 – параметр системы

второго типа.

Частным случаем является автономная система технического сервиса, когда все отказы, независимо от группы сложности, устраняются на зерноперерабатывающем предприятии. Целевая функция для данной схемы организации имеет вид:

$$F_{АСТС} = \left\{ \sum_{k=n+1}^m \frac{(k-n)m! \alpha^k}{n^{k-n} n! (m-k)!} \cdot P_0 + \sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k m!}{k! (m-k)!} \cdot P_0 \right\} q_{ож} + \left\{ \sum_{k=0}^{n-1} \frac{(n-k)m! \alpha^k}{k! (m-k)!} \cdot P_0 \right\} q_{np} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где p_0 – вероятность простоя постов; m – количество обслуженных заявок.

Анализ математических моделей и полученных аналитических значений каждой из систем технического сервиса позволил предположить наличие оптимального значения между затратами на технический сервис и на поддержание надежности зерноперерабатывающей системы.

Чем больше затраты на поддержание надежности, тем выше ее показатели, и тем меньше простоев и связанных с ними производственных затрат –

убытков. Однако чрезмерные затраты на систему управления надежностью S_1 и технический сервис S_2 увеличивают и общие затраты на себестоимость восстановления отказа F (рисунок 1 а, б).

Для достижения большого уровня надежности требуются непропорционально большие затраты, при этом себестоимость в зерноперерабатывающей системе S_1 снижается, а в подсистеме технического сервиса S_2 – возрастает (рисунок 1 а), совокупные затраты F также возрастут, начиная с некоторой точки оптимума (рисунок 1 б). Соответственно предложенная целевая функция имеет оптимум и критерий минимизации затрат на технический сервис.

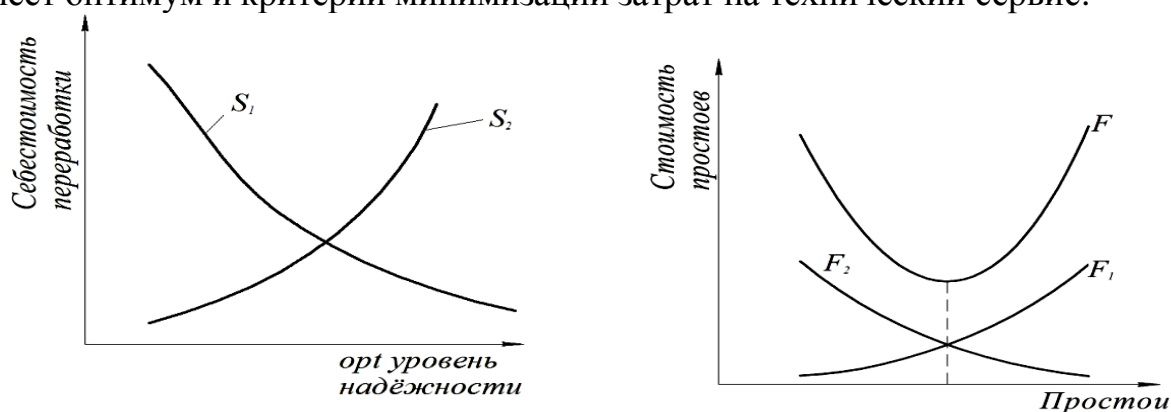


Рисунок 1 – Графики соотношений целевых функций

Затраты на обслуживание складываются из затраченного времени (в нормо-часах) и удельной стоимости обслуживания. Стоимости запасных частей, расходных материалов не зависят от продолжительности обслуживания, они как неизменяемые элементы затрат из дальнейшего анализа исключены. Ущерб от простоя зерноперерабатывающего оборудования зависит от продолжительности простоя и удельной стоимости простоя оборудования от сокращения выпуска продукции.

При выполнении технического обслуживания на месте установки необходимо время для организации соответствующего рабочего места. Оно складывается из времени вызова и ожидания ремонтной бригады, разворачивания оборудования. Затем выполняются операции технического обслуживания или диагностируется причина, устраняется отказ, после чего рабочее место свертывается и бригада уезжает.

Для расчета целевой функции и ее составляющих разработан алгоритм моделирования и соответствующая компьютерная программа (свидетельство № 2013612142). Имитационной моделью для проведения эксперимента на примере использования системы управления надежностью в автономной системе организации технического сервиса является целевая функция (3) и алгоритм ее реализации (рисунок 2).

В третьей главе «Методика исследований надежности и эффективности функционирования зерноперерабатывающего оборудования» разработана программа исследований, приведены методика исследований и алгоритм для моделирования показателей системы управления надежностью

мельницы А1-АВМ1 при автономной организации технического сервиса на зерноперерабатывающем предприятии.

Планирование пассивного эксперимента состояло в определении необходимого количества повторностей при проведении массовых наблюдений за зерноперерабатывающими предприятиями Зерноградского района.

Особое внимание уделялось изучению потоков требований от зерноперерабатывающего оборудования на устранение внезапных отказов (неплановых текущих ремонтов). Для определения их количества и трудоемкости учитывались случайный характер потоков требований, трудоемкость и продолжительность их обслуживания.

Методика обработки экспериментальных исследований включала необходимость проведения статистической обработки выборок, проверку гипотезы о виде законов распределения и получения критериев достоверности и адекватности полученных результатов.

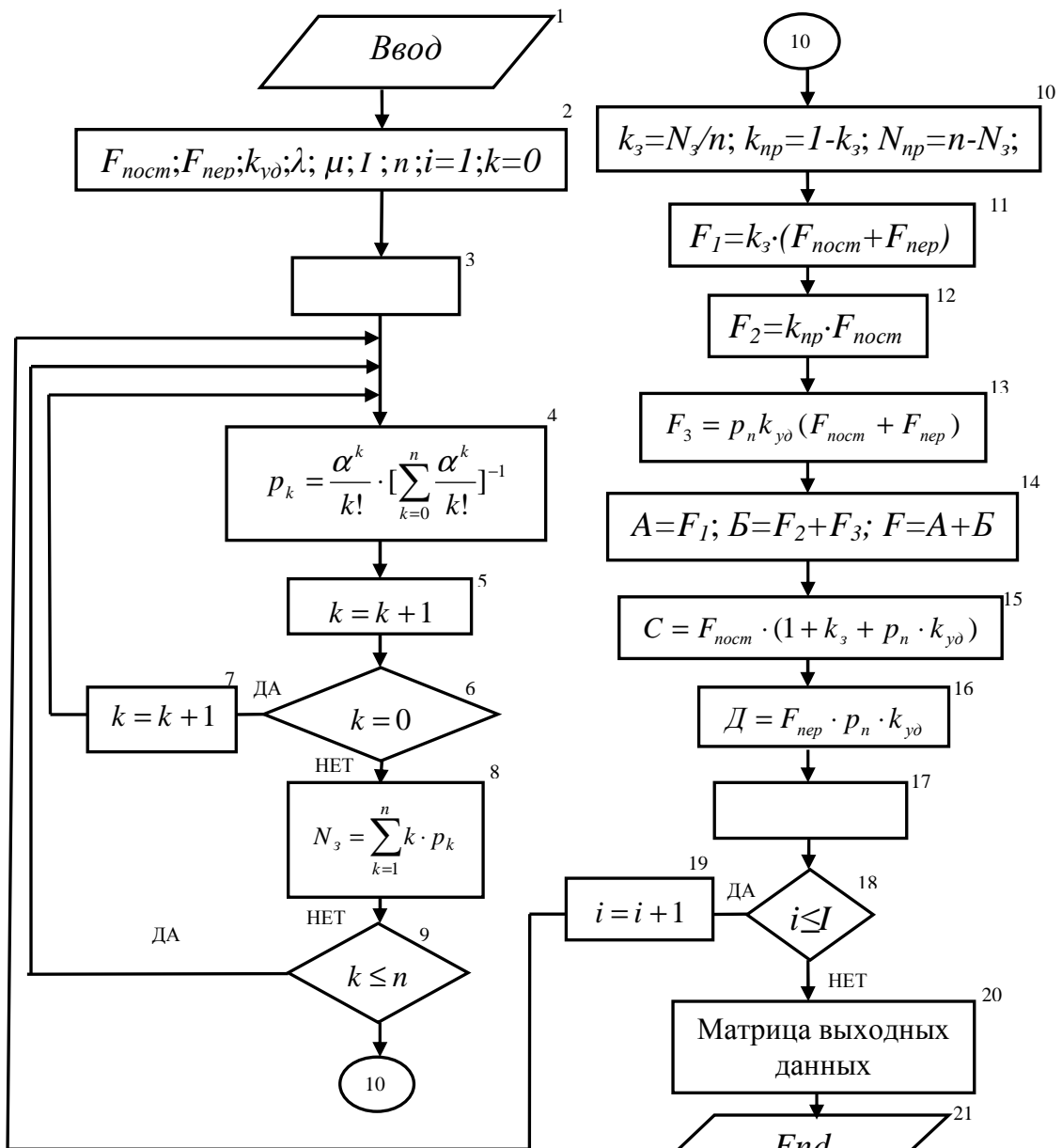


Рисунок 2 – Алгоритм моделирования показателя системы управления надежностью зерноперерабатывающего оборудования

Методика основывалась на соответствии между программой анализа и отбором совокупности однородных объектов из генеральной совокупности.

В качестве объектов для проведения экспериментальных исследований выбирали зерноперерабатывающие предприятия административного района, имеющие наиболее типичные показатели их производственной деятельности.

Для осуществления многофакторного эксперимента принят трехуровневый план Бокса-Бенкина первого порядка для трех факторов. В качестве параметра оптимизации (функция отклика) выбрана целевая функция, отражающая минимизацию затрат на технический сервис зерноперерабатывающего оборудования (F).

Приняты следующие факторы: $\alpha = \lambda/\mu$ – средняя плотность потока зая-

вок; N – количество обслуживающих постов; j – соотношение ущерба от простоя зерноперерабатывающего оборудования к стоимости сервиса.

После проведения предварительных поисковых экспериментов получены уровни варьирования факторов с учетом реальных режимов работы при нормальной эксплуатации зерноперерабатывающего оборудования. Они являлись основой для составления матрицы активного планирования многофакторного эксперимента.

Таблица 1 – Факторы и интервалы варьирования

Факторы	Уровни			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
α	0,1	4	8	4
N	1	4	8	3
j	2	5	8	3

Эксперимент выполнен на имитационной модели (3).

Значимость коэффициентов регрессии определяли по критерию Стьюдента, адекватность модели – по критерию Фишера.

Приняты следующие границы достоверности и точности: уровень значимости – 0,05; доверительная вероятность – 0,90; погрешность – 10%.

В четвертой главе «**Результаты исследований по повышению показателей надежности и эффективности подсистемы технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования**» представлены результаты проведенных экспериментальных исследований и дан их анализ.

За типичный район принят Зерноградский, имеющий наименьшую сумму отклонений при априорном ранжировании, на территории которого расположено одиннадцать зерноперерабатывающих предприятий.

Подтверждено статистической обработкой опытного массива данных об отказах и восстановлении по программе *Statistic*, что входящий поток отказов имеет пуассоновское распределение, а выходящий поток распределяется по экспоненциальному закону.

В результате наблюдения за зерноперерабатывающим оборудованием в течение двух лет установлено, что отказов первой группы сложности произошло 146, что составляет 11% от общего количества отказов; второй и третьей – примерно равны (44% и 45%). Общее количество – 1405 отказов. При этом трудоемкость и время устранения отказов третьей группы сложности значительно преобладают.

Классифицированы входящие потоки заявок по группам сложности и установлено, что большинство отказов носит эксплуатационный характер. Отказы: износ сит и подшипников, нарушение герметичности и другие возникают в процессе нарушения правил эксплуатации мельницы. На основании наблюдений за мельницей в течение месяца и изучения отчетов предприятия было выявлено распределение отказов мельницы в процессе ее работы (рисунок 3).

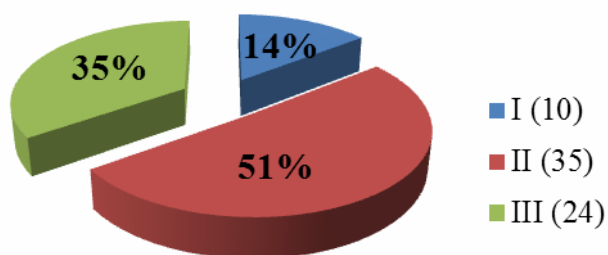


Рисунок 3 – Количество отказов мельницы по группам сложности

К отказам второй группы сложности относятся такие отказы как износ дисков, износ резьбы гаек, шпонок, прокладок и т.п. Данные отказы возникали наиболее часто в процессе работы мельницы, в результате чего оборудование простаивало и предприятие несло ущерб. Применительно к мельнице А1-АВМ1

исследовалась возможность управления надежностью оборудования путем воздействия на вероятности работоспособного и неработоспособного состояний. До 20% отказов возникает по причине несвоевременного технического сервиса.

В результате моделирования получены закономерности изменения вероятностей занятости постов обслуживания, вероятности возникновения отказов и вероятности их обслуживания, зависимости оценок математических ожиданий числа заявок в очереди на обслуживание от количества постов; коэффициенты загрузки и простоя постов. Закономерности аппроксимированы полиномом Чебышева с вероятностью адекватности не ниже 0,90 (рисунок 4, 5, 6, 7, 8, 9).

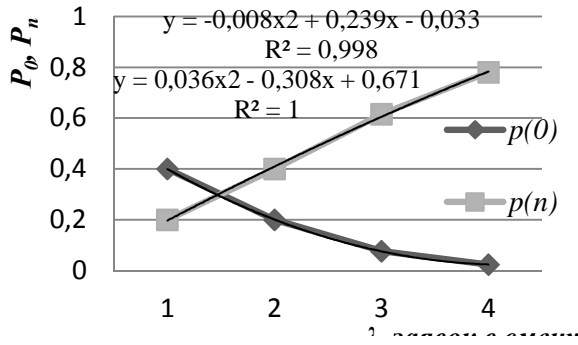


Рисунок 4 – Зависимости вероятностей занятости постов P_0, P_n от количества заявок в единицу времени λ (по результатам моделирования при двух обслуживающих постах)

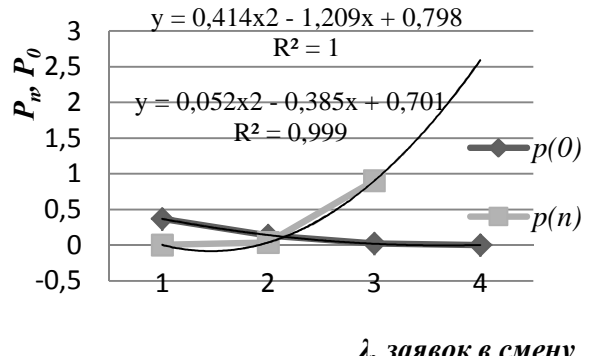


Рисунок 5 – Зависимости вероятностей занятости постов P_0, P_n от количества заявок в единицу времени λ (по результатам моделирования при пяти обслуживающих постах)

Многофакторный эксперимент по определению области оптимума выполнен на варианте, когда устранение отказов мельницы А1-АВМ1 происходит собственной службой зерноперерабатывающего предприятия.

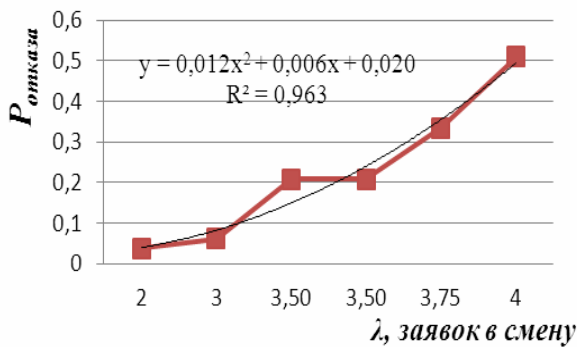


Рисунок 6 – Зависимость вероятностей возникновения отказа в обслуживании $P_{отказа}$ в зависимости от количества заявок в единицу времени λ

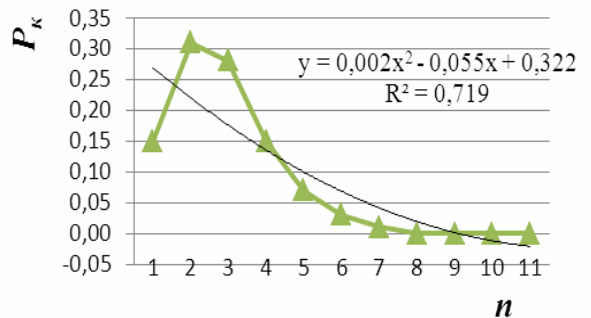


Рисунок 7 – Зависимость вероятностей занятости постов P_k от текущего количества постов обслуживания n

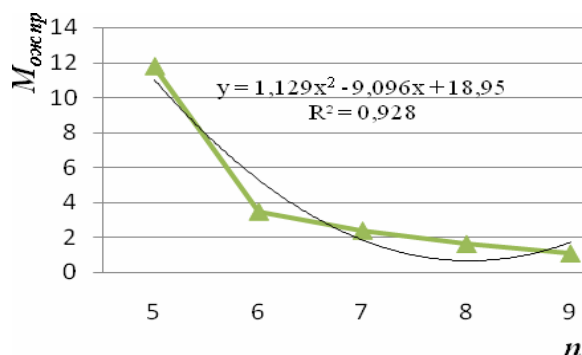


Рисунок 8 – Зависимость математического ожидания количества простаивающих в очереди и на обслуживании заявок $M_{ож\ пр}$ от количества постов n

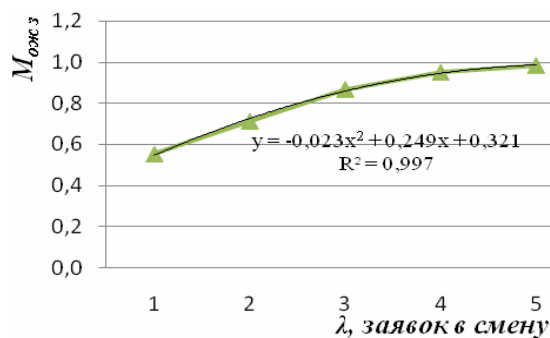


Рисунок 9 – Зависимость математического ожидания количества заявок в очереди и на обслуживании $M_{ож\ з}$ от количества заявок в единицу времени λ

Рассмотренные зависимости для различных схем организации систем технического сервиса носят идентичный характер. Разнонаправленность компонентов целевых функций позволила предположить существование экстремума, что было подтверждено экспериментально.

Оптимизация состояла в поиске точки, в которой сумма убытков и затрат на функционирование является минимальной (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты многофакторного эксперимента

Critical values; Variable: U (123.sta)			
Solution: saddlepoint			
Predicted value at solution: 53,88492			
Factor	Observed Minimum	Critical Values	Observed Maximum
ALFA	,100000	,924752	8,000000
N	1,000000	1,825248	8,000000
J	2,000000	3,892553	8,000000

Обработка экспериментальных данных многофакторного эксперимента позволила получить функции отклика параметра оптимизации, уравнение регрессии которого в закодированном виде имеет вид:

$$y = 113,98 + 74,02x_1 + 70,19x_2 + 66,3x_3 + 69,63x_1x_2 + 47,4x_1x_3 + 42,00x_2x_3 + 6,16x_1^2 + 9,81x_2^2 + 0,19x_3^2. \quad (4)$$

Оптимальные значения функции отклика – минимальные затраты на организацию технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования (F) получаются при следующих значениях факторов $\{0,92; 1,83; 3,89\}$. Минимальному значению функции отклика соответствует значение плотности входящего потока $\alpha = 0,92$; количество постов обслуживания $N \approx 2$ и соотношение стоимостей простоя зерноперерабатывающего оборудования к стоимости нормо-часа обслуживания $j = 3,89$.

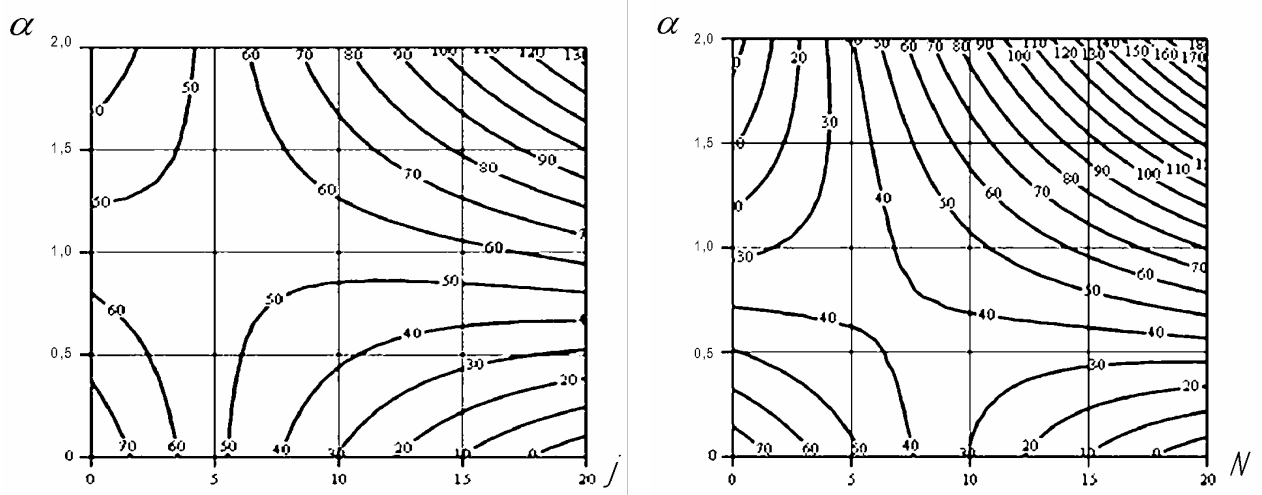


Рисунок 10 – Значения функции отклика

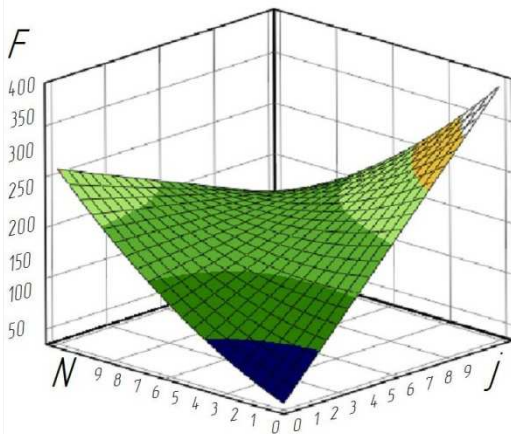


Рисунок 11 – Поверхность функции отклика

Оптимальные значения функции отклика позволяют использовать полученную модель для управления надежностью зерноперерабатывающего оборудования.

Разработанные предложения по системе управления надежностью (она может уменьшить внезапные отказы до 20%) и рекомендации по организации технического сервиса позволяют повысить его эффективность и снизить затраты на технический сервис, получив регламентируемые техническими документами показатели надежности (для комбинированной –

$K_{mi} = 0,94$; централизованной – 0,87; автономной – 0,80). Управление надежностью предусматривает выполнение совокупности координируемых действий, являющихся частью общего управления предприятием. Систему управления надежностью разрабатывают и реализуют на зерноперерабатывающем предприятии с целью своевременного и эффективного решения вопросов, связанных с надежностью при эксплуатации зерноперерабатывающего оборудования.

В пятой главе «Технико-экономический анализ исследований» описана методика определения эффективности предложенного технического решения и приведены результаты расчетов.

Установлена экономическая эффективность предложенного варианта организации технического сервиса: рост производительности 8,75% и прибыли на 1,33 млн руб., рост рентабельности производства на 0,42%. Годовая экономия эксплуатационных затрат составит 122 тыс. руб. Разработка окупается менее года и рекомендуется к использованию.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Экспериментально, с вероятностью 0,95 при погрешности менее 5%, подтверждено распределение входящего потока заявок по закону Пуассона и потока восстановления по экспоненциальному закону. По опытным данным установлено математическое ожидание количества заявок и обслуживаний за единицу времени (для АСТС – $\lambda=2,8$; $\mu=6,38$; для КСТС – $\lambda_1=0,64$ и $\lambda_2=1,02$; $\mu_1 = 7,07$ и $\mu_2=1,6$; для ЦСТС – $\lambda=2,34$; $\mu=2,42$), чем подтверждено выявленное теоретическим путем свойство эргодичности входящего потока, что позволило с достаточной вероятностью ($p = 0,95$, $\alpha=0,01$) адекватно описать систему технического сервиса методами теории марковских процессов, разработать математические модели и алгоритмы всех трех видов организации: централизованной, комбинированной и автономной. На алгоритм и программу получено свидетельство о регистрации.

2. Обоснован типичный район (коэффициент конкордации $\omega=0,79$) и экспериментально на репрезентативной выборке ($\chi^2 = 0,95$, ... = 5%) установлено существование связей между эффективностью системы зернопереработки и организацией её технического сервиса, закономерности отказов и восстановлений. Выявлены причины отказов, дана их классификация по району и мельнице А1-АВМ: группы сложности 1, 2 и 3 соответственно составили 11%, 44% и 45%, причем внезапные отказы составили 20%. В результате статистической обработки опытных данных сформировано информационное обеспечение моделей.

3. В результате компьютерного моделирования по разработанным критериям эффективности и моделям установлены закономерности влияния надежности и эффективность функционирования для рассматриваемых организаций, зависимости математических ожиданий режимов (p_0 , p_k , P_n , $M_{ож}$, $M_{ож з}$, $M_{сист}$, $t_{восст}$, $K_{ми}$) от параметров технического сервиса (λ , μ , α , k , j), которые аппроксимированы 31 уравнением второго порядка с достоверностью $R \geq 0,92$.

4. Основные факторы, влияющие на снижение затрат: соблюдение регламента технического обслуживания, потоки отказов и восстановлений, количество и оснащённость постов сервиса, соотношение стоимостей ущерба от простоев оборудования и нормо-часа сервиса; исследована безотказность, коэффициент технического использования $K_{ми}$ и готовности K_z во взаимосвя-

зи с эффективностью. Эксплуатационная надежность значимо влияет на производительность переработки, при её снижении в 2,94 раза простои зерноперерабатывающего оборудования увеличиваются в 12 раз. K_{mi} и простой постов изменяются разнонаправлено по параболе, поэтому целевые функции имеют оптимум. Выявлено, что комбинированная система более эффективна для кластера или региона, чем централизованная или автономная, и имеет более высокое значение $K_{mi} = 0,94$ (соответственно выше, чем у централизованной на 32%, и на 31% выше, чем у автономной) и меньшую операционную себестоимость, которая снижена с 18,71 до 15,32 руб./кг только за счет изменения организации.

5. Исследование системы управления надежностью выполнено методом многофакторного эксперимента. Установлены области значений функции отклика и наличие оптимума. Минимальному значению функции отклика соответствует значение плотности входящего потока $\alpha=0,92$, количество постов обслуживания $N \approx 2$ и соотношение стоимостей простоя зерноперерабатывающего оборудования к стоимости нормо-часа обслуживания $j=3,89$. То есть при случае возникновения 7 отказов в день рекомендуется использовать для их устранения 2 поста обслуживания, при этом сумма затрат на их технический сервис и обслуживание и ущерб от простоев постов и мельницы будет составлять около 4000 руб./в смену. Следовательно, данная методика управления надежностью может быть практически использована и включена как компонент системы управления надежностью на зерноперерабатывающих предприятиях, введенной ГОСТ Р 27.001-2009. Так как простои зерноперерабатывающего оборудования в 4 раза ниже, чем простои постов обслуживания, рекомендуется догружать подсистему сервиса коммерческими заявками.

6. Разработаны предложения по системе управления надежностью (она может уменьшить внезапные отказы до 20%) и рекомендации по организации технического сервиса и повышению его эффективности. Установлена экономическая эффективность предложенного варианта организации технического сервиса: рост производительности на 8,75% и прибыли на 1,33 млн руб., при росте рентабельности производства на 0,42%. Разработка окупается за срок менее года и рекомендуется к использованию.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

– в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Кущева, Е.Н. Зерноперерабатывающий комплекс: необходим технический сервис / Е.Н. Кущева, В.А. Полуян // Сельский механизатор. – Москва. – 2011. – № 9.
2. Кущева, Е.Н. Теоретические аспекты исследования процесса возникновения отказов зерноперерабатывающего оборудования / Е.Н. Кущева,

- В.Н. Курочкин // Техника и оборудование для села. – Москва. – 2012. – № 4.
3. Кущева, Е.Н. Математическая модель централизованной и комбинированной систем организации технического сервиса зерноперерабатывающих предприятий / Е.Н. Кущева, В.Н. Курочкин, Ж.В. Матвейкина // Техника и оборудование для села. – Москва. – 2012. – № 5.
 4. Кущева, Е.Н. Теоретические аспекты восстановления работоспособности зерноперерабатывающей системы / Е.Н. Кущева, В.Н. Курочкин // Международный технико-экономический журнал – Москва. – 2012. – № 2.
 5. Кущева, Е.Н. Применение методов теории массового обслуживания для обоснования параметров и режимов технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования / Е.Н. Кущева // Международный научный журнал. – Москва. – 2012. – № 3.
 6. Кущева, Е.Н. Математическая модель надежности подсистемы технического сервиса зерноперерабатывающего предприятия / Е.Н. Кущева, В.Н. Курочкин // Тракторы и сельхозмашины. – Москва. – 2012. – № 12.
- в сборниках научных трудов:
7. Кущева, Е.Н. Состояние и пути развития технического обслуживания и ремонта зерноперерабатывающих машин и оборудования / Е.Н. Кущева, В.А. Полуян // Технологии и средства повышения надежности машин в АПК: сборник научных трудов. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2009.
 8. Кущева, Е.Н. Анализ отказов зерноперерабатывающих машин и оборудования / Е.Н. Кущева, В.А. Полуян // Технологии и средства повышения надежности машин в АПК: сборник научных трудов. – Зерноград: ФГОУ ВПО АЧГАА, 2010.
 9. Кущева, Е.Н. Факторы эффективности функционирования зерноперерабатывающего оборудования / Е.Н. Кущева, В.Н. Курочкин // Актуальные проблемы экономики, социологии и права в современных условиях: статьи и тезисы докладов 11-й Международной научно-практической конференции. – Международная академия финансовых технологий. – Пятигорск, 2011.
 10. Кущева, Е.Н. Управление надежностью в разомкнутой системе восстановления отказов / Е.Н. Кущева, В.Н. Курочкин // Инженерные, экологические, экономико-правовые и управленческие аспекты развития национальной экономики: проблемы, поиски, решения: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Краснодарский центр научно-технической информации – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. – Краснодар–Ганновер (Германия), 2012.
 11. Кущева, Е.Н. Теорема Мура и Шеннона и управление надежностью зерноперерабатывающих предприятий / Е.Н. Кущева, В.Н. Курочкин,

- // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – Курск. – 2012. – № 9.
12. Кущева, Е.Н. Особенности организации функционирования предприятий по техническому сервису зерноперерабатывающей техники / Е.Н. Кущева // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – Москва. – 2012. – № 12.
 13. Кущева, Е.Н. Система управления надежностью зерноперерабатывающего оборудования: рекомендации / Е.Н. Кущева, В.Н. Курочкин. – зерноград: ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. – 34 с.
 14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013612142 Российская Федерация. Программа для управления надежностью зерноперерабатывающего оборудования / Кущева Е.Н. – Заявл. 18.12.12; опубл. 14.02.13. – 1 с.

Подписано в печать 21.11.2013.

Формат 60×84/16. Усл. п. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 515.

© РО и ОП ФГБОУ ВПО АЧГАА

347740, г. зерноград Ростовской области, ул. Советская, 15.