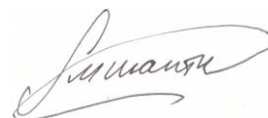


на правах рукописи



Шанта Марина Владимировна

**Модели и процедуры контроля и обеспечения качества при
производстве бытовой техники**

Специальность 05.02.23 – Стандартизация и управление качеством
продукции

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2019

Работа выполнена на кафедре инноватики и интегрированных систем качества Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

Научный руководитель: **Семенова Елена Георгиевна**,
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: **Черненькая Людмила Васильевна**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, профессор Высшей школы киберфизических систем и управления ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Гродзенский Яков Сергеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Метрология и стандартизация» ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет»

Ведущая организация: Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области», 190103, г. Санкт-Петербург, ул. Курляндская, д. 1

Защита состоится «10» декабря 2019 г. в 16.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.233.04 при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» по адресу: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» по адресу: 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А. Автореферат и текст диссертации размещены на сайте университета <http://dissov.guap.ru>.

Автореферат разослан «21» октября 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.233.04,
кандидат технических наук, доцент



Фролова Е.А.

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

Одним из приоритетных направлений технологического развития страны является развитие отраслей промышленности, ориентированных на потребительский рынок, обеспечение для российских компаний равных условий конкуренции на российском и мировом рынках. Улучшение потребительских свойств продукции, которые в совокупности определяют ее качество, а также повышение технологической гибкости производственных процессов, определяются внедрением элементов цифрового производства в рамках концепции «Индустрия 4.0» на предприятиях всех уровней и отраслей производства.

В рамках реализации международных проектов, в частности проекта «Инициатива по закупкам в Российской Федерации», направленных на встраивание российских производителей комплектующих в цепочки поставок зарубежных предприятий (как крупнейших концернов, так и средних предприятий), возрастает актуальность соответствия качества производимой продукции на выполнение требований законодательной базы.

В ряде отраслей (аэрокосмическая и электронная промышленность, автомобилестроение и др.) на основе стандартов ИСО серии 9000 разработаны стандарты управления качеством, учитывающие особенности продукции или услуг отрасли, и соответствующие законодательным инициативам по обеспечению безопасности продукции и услуг для потребителей.

В то же время производство бытовой техники не выделено в отдельную отрасль промышленности. Общие требования стандарта ИСО 9001-2015, предназначенные для применения ко всем организациям независимо от вида деятельности, продукции и размера организации, определяют, что необходимо делать для внедрения системы качества, но фактически не раскрывают инструментарий мониторинга и обеспечения качества продукции.

Данная работа посвящена исследованию моделей, процедур контроля и обеспечения качества на производстве бытовой техники (БТ), на примере производства автоматических стиральных машин (АСМ).

Таким образом, актуальность темы диссертационного исследования определяется необходимостью разрешения объективного противоречия между существующей потребностью в комплексном научно-методическом инструментарии мониторинга, обеспечения качества бытовой техники и отсутствием моделей, процедур контроля и обеспечения качества, учитывающих особенности производства и требований потребителя к бытовой технике.

Степень разработки проблемы.

Существенный научный вклад в разработку теории квалиметрии и управления качеством внесли: Э. Деминг, У. Детмер, Д. Джуран, К. Исикава, М. Имаи, А. Фейгенбаум, У. Шухарт, К. Янг и др. Решением задач, связанных с этой проблематикой, также занимались отечественные ученые: Ю.П. Адлер, Б.В. Бойцов, В.А. Васильев, А.Г. Варжапетян, А.В. Гличев, М.М. Кане, В.А. Липатников, Е.Г. Семенова, Г.И. Коршунов и др.

Существует ряд стандартов по производству бытовой электротехники в части электрических, электронных и смежных технологий (ГОСТ Р МЭК 60335-1-2015; ГОСТ Р МЭК 62301-2011), по общим требованиям к надежности и энергоэффективности бытовых и электрических приборов (ГОСТ 275700-87; ГОСТ 17446-86; ГОСТ 26119-97), по требованиям к техническим условиям при производстве бытовой техники (ГОСТ Р 52084-2003, ГОСТ 30163.3-99 (МЭК 704-2-4-89), ГОСТ 8051-83, ТР ТС 004/2011, ТР ТС 020/2011). Несмотря на наличие множества отечественных и зарубежных научных трудов и стандартов в области управления качеством, модели, процедуры контроля и обеспечения качества бытовой техники отсутствуют.

Таким образом, тема исследования является, безусловно, актуальной, что позволило сформулировать цель, задачи, объект и предмет исследования.

Цель работы и задачи исследования. Целью работы является повышение результативности процессов производства бытовой техники на основе разработки моделей и процедур контроля и обеспечения качества.

Для достижения поставленной цели в работе сформулированы и решены следующие задачи:

1. Выбор и обоснование методов и инструментов управления качеством бытовой техники на этапах жизненного цикла;
2. Разработка квалиметрической модели оценки технического уровня бытовой техники;
3. Разработка формализованных процедур внедрения системы менеджмента измерений и мониторинга качества бытовой техники на этапах жизненного цикла;
4. Разработка методики оценки рисков при производстве бытовой техники, основанной на анализе рисков обнаружения несоответствий по качеству продукции.

Объектом исследования является производство автоматических стиральных машин.

Предметом исследования являются модели и процедуры контроля и обеспечения качества при производстве автоматических стиральных машин.

Методы исследования. При решении поставленных задач использованы методы статистического анализа информации, квалиметрические методы оценки качества объектов, математические методы поддержки принятия решений, элементы теории системного анализа, теории математического моделирования.

Тематика работы соответствует пп. 1, 2, 3, 4 паспорта специальности 05.02.23 – «Стандартизация и управление качеством продукции».

Положения, выносимые на защиту:

– Квалиметрическая модель оценки технического уровня бытовой техники, основанная на анализе потребительских свойств продукции, включающая в себя развернутую номенклатуру показателей оценки технического уровня продукции.

– Формализованная процедура внедрения системы менеджмента измерений, включающая в себя оценку воспроизводимости и сходимости результатов измерений на базе «Gage R&R» анализа и разработку системы аудита процесса метрологического обеспечения при производстве бытовой техники.

– Процедура мониторинга качества бытовой техники на этапах жизненного цикла продукции с обоснованием методов и инструментов управления качеством на этапах жизненного цикла бытовой техники, в состав которой входит алгоритм мониторинга процессов менеджмента качества.

– Методика оценки рисков при производстве бытовой техники, основанная на анализе рисков обнаружения несоответствий по качеству продукции.

Научной новизной обладают следующие результаты исследования:

1. Квалиметрическая модель оценки бытовой техники, отличающаяся тем, что учтена расширенная номенклатура показателей оценки технического уровня, учитывающая уточненные потребительские свойства продукции.

2. Формализованная процедура внедрения системы менеджмента измерений, в отличие от существующих включающая в себя оценку сходимости и воспроизводимости результатов измерений на основе «Gage R&R» анализа, направленная на обеспечение качества процесса измерений.

3. Процедура мониторинга качества бытовой техники, в отличие от существующих включающая алгоритм мониторинга процессов менеджмента качества, с обоснованием методов и инструментов управления качеством на этапах жизненного цикла бытовой техники.

4. Методика оценки рисков при производстве бытовой техники, в отличие от существующих включающая оценку технических и экономических рисков, позволяющая обеспечивать качество процесса гарантийного обслуживания продукции.

Практическая значимость полученных результатов состоит в следующем:

1. Применение разработанной квалиметрической модели оценки технического уровня качества бытовой техники на этапах разработки и реализации позволило обосновать исключение из производства модельного ряда планируемой и производимой продукции с недостаточным техническим уровнем, что привело к увеличению внешнего показателя качества АСМ (уровень технических отказов (TCR)) на 6%.

2. Применение формализованной процедуры внедрения системы менеджмента измерений в ООО «ЛЕНРЕМОНТ» улучшило показатели плана своевременной калибровки на 8%.

3. Внедрение процедуры мониторинга качества бытовой техники в ООО «БСХ Бытовые приборы» повысило результативность системы менеджмента качества предприятия с достаточного уровня (0,7) до высокого (0,9).

4. Применение методики оценки рисков при производстве бытовой техники на производстве улучшило внутренние и внешние показатели по качеству на 3%, снизило количество часов простоя производства на 5%, а также сократило уровень бракованной продукции на 6%.

5. Оценка уровня защищенности линии от возникновения рисков по качеству позволила выявить в ООО «Аристон Термо Русь» наиболее критичные рабочие операции, требующие доработки. В результате общий показатель уровня защищенности линии от возникновения рисков (Rg) был улучшен со среднего уровня риска (0,30) до низкого уровня риска (0,1), внешний показатель по качеству улучшен на 5%.

Внедрение результатов исследования обеспечило сокращение брака на заготовительном производстве ООО «БСХ Бытовые приборы» на 5%, улучшило внутренний показатель по оценке качества продукции (уровень взвешенных ошибок) на 6%, количество обращений на число произведенной продукции на 7%, гарантийные затраты сокращены на 5%.

Достоверность результатов диссертационной работы основана на применении методов математической статистики, квалиметрического оценивания, управления рисками, а также подтверждена результатами практического внедрения.

Личный вклад автора состоит в непосредственной разработке квалиметрической модели оценки технического уровня качества бытовой техники, формализованной процедуры внедрения системы менеджмента измерений на производстве бытовой техники, процедуры мониторинга качества бытовой техники, а также методики оценки рисков при производстве бытовой техники.

Внедрение результатов диссертационного исследования

Результаты основных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационном исследовании, использованы в ООО «БСХ Бытовые приборы», являющейся дочерней компанией «BSH Bosch und Siemens Hausgeraete GmbH», ООО «ЛЕНРЕМОНТ», ООО «Аристон Термо Русь», в образовательном процессе ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», что подтверждено актами внедрения.

Апробация результатов работы. Основные результаты исследования докладывались и обсуждались на:

- V Международных научных чтениях (памяти В.Ф. Петрушевского), Москва, 2016 г.;
- XVI Международной научно-практической конференции «Управление качеством», Москва, 2017 г.;
- XIII Международной научно-практической конференции «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований», Москва, 2017 г.;
- XIV Международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения», North Charleston, USA- 2017 г.;
- XVI-й Международной научно-практической конференции «Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы», Москва, 2017 г.;

- Международном Форуме «Метрологическое обеспечение инновационных технологий», СПб, 2019 г.,
- MIST Aerospace 2018: International Workshop «Advanced Technologies in Aerospace, Mechanical and Automation Engineering», Krasnoyarsk, 2018
- International Conference on Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies - AGRITECH-2019, Krasnoyarsk, 2019.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 16 печатных работах, из которых 6 статей опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях, 2 статьи в сборниках докладов, 8 статей в сборниках трудов конференций, в том числе 2 в научных изданиях Scopus.

Структура диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка источников и приложений. Содержание работы изложено на 192 страницах машинописного текста.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель, основные задачи, объект и предмет исследования, отражена научная новизна и практическая значимость, приведены основные положения, выносимые на защиту, сведения об апробации и внедрении результатов работы.

В первом разделе «Методы и инструменты управления качеством на этапах жизненного цикла бытовой техники» произведен анализ состояния и перспектив развития рынка бытовой техники в России и за рубежом. Произведен анализ рынка производства АСМ. Выявлено, что среднегодовой темп прироста объема рынка стиральных машин в прогнозируемый период 2018-2022 гг. будет составлять 4,6%. Положительной тенденцией является выход России на 7 место в мире по экспорту АСМ.

Однако, для АСМ отечественного производства на сегодняшний день характерно следующее:

- ограниченный ассортимент продукции, устаревший модельный ряд;
- несоответствие критериям современных потребительских свойств: недостаток разнообразия функциональных программ, неудовлетворительное качество стирки, устаревший дизайн, необходимость постоянного контроля стирки, повышенный уровень шума;
- низкий технический уровень: высокий износ производственного оборудования, использование устаревших технологий, недостаточная квалификация персонала;
- ограниченные возможности финансирования.

Представлена и обоснована взаимосвязь основных, вспомогательных и обслуживающих процессов производства АСМ, направленная на стратегическое развитие ООО «БСХ Бытовые приборы» (рис. 1).



Рисунок 1 – Процессы производства АСМ и их взаимосвязь

В разделе описаны этапы жизненного цикла производства бытовой техники от планирования производства до этапа хранения готовой продукции, современный научно-методический инструментарий управления качеством продукции, произведен анализ нормативной и законодательной базы, регламентирующей производство бытовой техники. Установлено отсутствие конкретных моделей и методик оценки состояния и динамики качества бытовой техники, позволяющих производить мониторинг изменения технических характеристик продукции, учитывая все факторы влияния. Реализована процедура контроля в рамках ключевого процесса «Мониторинг и измерение», позволяющая выявить соответствие требований нормативной документации в ключевых точках производственного процесса. Установлены основные тенденции обеспечения качества отечественной продукции и результативности предприятий, специализирующихся на производстве АСМ:

1. Выявлена необходимость в простых и удобных методиках оценки качества продукции, позволяющих оперативно оценить уровень качества продукта, оценить конкурентоспособность продукции и определить ее жизнеспособность.

2. Обоснована необходимость постоянного совершенствования производимой продукции, разработки новых функциональных возможностей, оптимизации существующих технических свойств продукции, повышение результативности производства и технических характеристик АСМ, за счет внедрения системы метрологического обеспечения, новых моделей оценки качества продукции и процедур мониторинга процессов.

3. Выявлена необходимость внедрения инструментария контроля рисками при производстве бытовой техники.

4. Обоснована необходимость разработки формализованных требований потребителя к характеристикам производимых АСМ.

Во втором разделе «Квалиметрическая модель оценки технического уровня качества бытовой техники» уточнена номенклатура потребительских свойств стиральных машин, раскрывающая требования функциональности, безопасности, надежности, эстетичности и экономичности. Оценка технического уровня производится по квалиметрической модели на основе аддитивной свертки показателей более низкого уровня:

$$I_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m q_i (I_{ij} \omega_j),$$

I_0 – оценка показателя технического уровня продукции,

n – количество показателей первого уровня,

$$q_i \text{ – веса, } \sum_{i=1}^n q_i = 1,$$

I_{ij} – показатели более низкого уровня

m – количество показателей более низкого уровня,

ω_j – оценка эксперта для j -го показателя.

Расчет технического уровня продукции в соответствии с разработанным реестром потребительских свойств описаны следующим образом:

$$I_0 = \sum_{j=1}^{k_1} q_1 I_{1j} \omega_j + \sum_{j=1}^{k_2} q_2 I_{2j} \omega_j + \sum_{j=1}^{k_3} q_3 I_{3j} \omega_j + \sum_{j=1}^{k_4} q_4 I_{4j} \omega_j,$$

где $k_1 \div k_4$ – количество основных критериев, входящих в обобщенные критерии $I_1 \div I_4$.

Исходя из максимального и минимального значения баллов, с учетом веса характеристик, разработана шкала оценки технического уровня (табл. 1).

Таблица 1 – Шкала оценки технического уровня

Оценка	Технический уровень
$0 \leq I_0 \leq 0,2$	Очень высокий
$0,2 < I_0 \leq 0,4$	Высокий
$0,4 < I_0 \leq 0,6$	Средний
$0,6 < I_0 \leq 0,8$	Низкий
$I_0 > 0,8$	Очень низкий

Иерархическая матрица критериев второго уровня для оценки технического уровня продукции для реестра потребительских свойств АСМ приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Критерии оценки технического уровня продукции для реестра потребительских свойств АСМ

Группа	Обобщенный критерий	Обозначение обобщенного критерия	Основные критерии	Обозначение основных критериев
Оценка технического уровня I_0	Функциональность	I_1	Эффективность стирки	I_{11}
			Качество полоскания белья	I_{12}
			Эффективность отжима белья	I_{13}
			Износ белья при стирке	I_{14}
			Производительность	I_{15}
	Безопасность	I_2	Электробезопасность	I_{21}
			Механическая безопасность	I_{22}
	Надежность	I_3	Долговечность	I_{31}
			Безотказность	I_{32}
			Ремонтопригодность	I_{33}
	Эргономичность	I_4	Удобство чистки	I_{41}
			Безвредность	I_{42}

Фрагмент результатов анализа продукции для следующих моделей АСМ: LXW1026, LXQ3340, QWS223, представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Оценка технического уровня стиральных машин

ПС	Функциональность					Безопасность					Надежность					Эргономичность					Сумма баллов	Оценка технического уровня	
	Отстирываемость белья	Кол-во стирального раствора после полоскания	Остаточная влажность белья после отжима	Потеря прочности	Вес белья/цикл	Класс защиты от поражения электрическим током	Защита от доступа к токоведущим частям	Наличие тормозных, блокировочных устройств	Блокировка люка	Интенсивность отказов	Средний срок службы изделия	Среднее время наработки на отказ	Среднее время наработки до отказа	Ремонт стирального блока	Ремонт электронного модуля	Чистка барабана	Чистка фильтра помпы	Чистка уплотнительной резинки	Чистка ковчег	Уровень звуковой мощности при отжиме			Акустические шумы во время стирки
Вес	0,25					0,35					0,3					0,1							
LXW1026	1	1	1	1	5	7	1	1	1	1	5	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	39	0,12
LXQ3340	1	1	1	1	6	7	1	1	0	0	10	1	10	1	1	1	1	1	1	1	1	68	0,32
QWS2231	7	10	3	1	7	7	1	1	0	1	10	5	10	10	0	0	0	0	0	1	10	144	0,61

Предложена методика внедрения технических изменений, основными этапами которой являются анализ и определение экспертной группой факторов, влияющих на исследуемый процесс, сбор статистических данных, определение характера связи зависимой переменной и факторов влияния, анализ полноты номенклатуры факторов влияния (исключение зависимости факторов от времени и ненормального распределения),

параметризация модели, построение регрессионной модели, проверка статистической надежности уравнения регрессии и коэффициента детерминации R с помощью F - критерия Фишера.

При внедрении методики на производстве АСМ выполнен анализ их функциональных характеристик: эффективность стирки, качество полоскания, эффективность отжима белья, износ белья после стирки и производительность. Результаты анализа в виде матрицы структурирования функций качества представлены на рисунке 2.

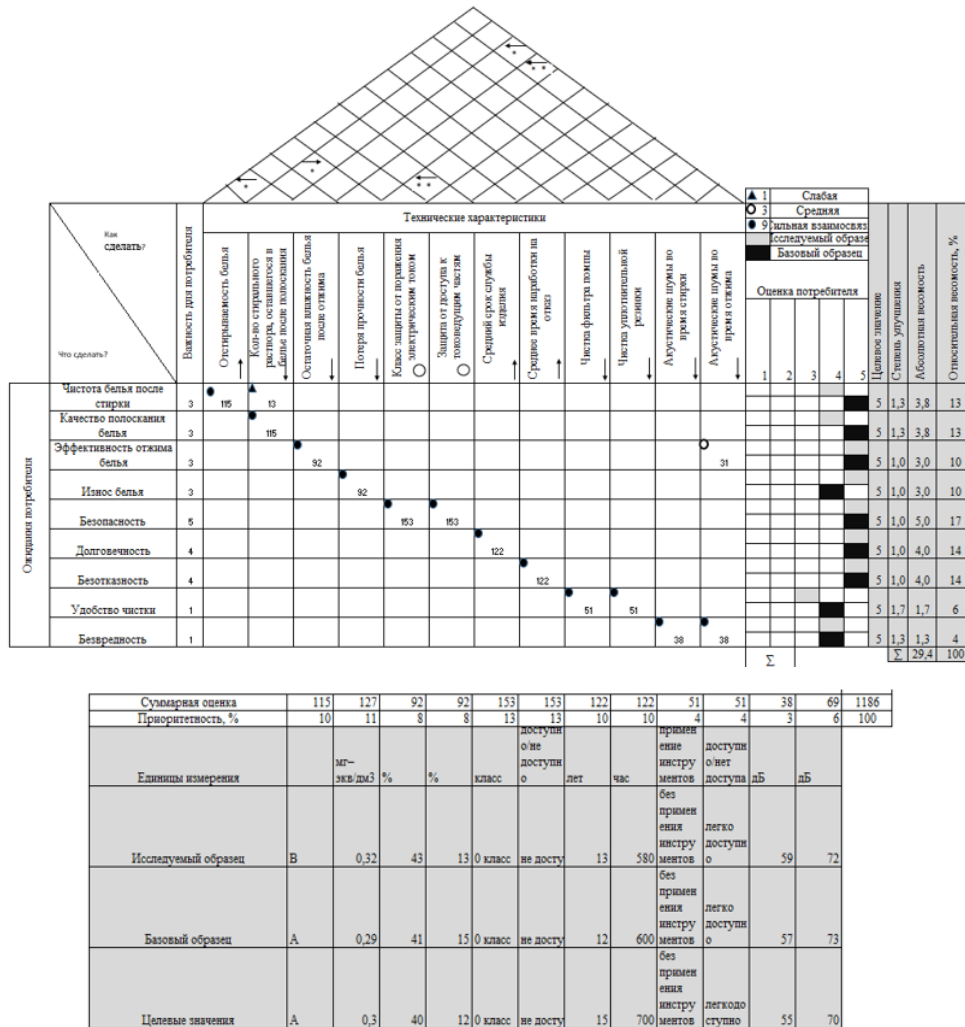


Рисунок 2 – Матрица структурирования функций качества технических характеристик АСМ

В ходе анализа корневых причин при помощи диаграммы Исикавы выявлено, что приоритетное влияние на качество полоскания оказывает техническая характеристика электропроводности воды.

Предложена и обоснована модель функции электропроводности воды (у) для процесса полоскания, определено влияние каждого из факторов (время стирки – x_1 , время полоскания x_2 , потребление воды x_3) на результат в отдельности, а также совокупное их воздействие на моделируемый показатель. Модель функционально позволила определить значения факторов x_1 , x_2 , x_3 для достижения значений электропроводности, соответствующих стандарту ГОСТ 8051-83. Результаты воздействия факторов попарно на результат представлены графически на рис. 3.

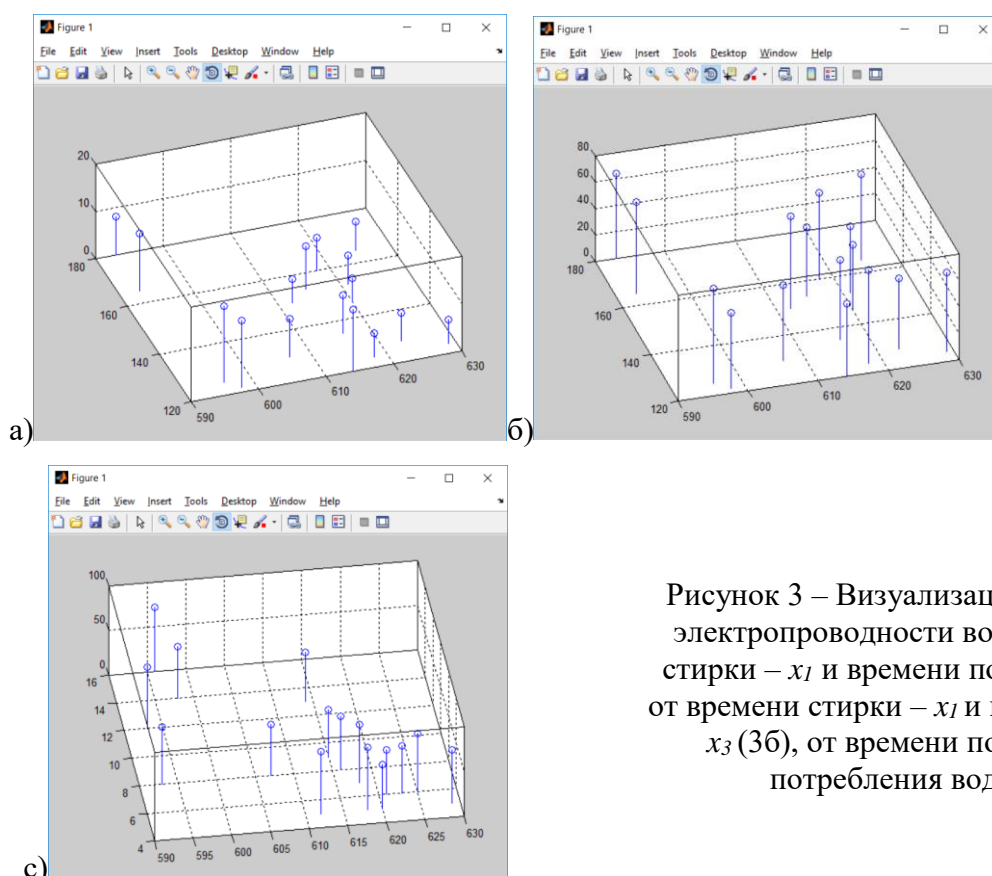


Рисунок 3 – Визуализация зависимостей электропроводности воды y от времени стирки – x_1 и времени полоскания x_2 (3а), от времени стирки – x_1 и потребления воды x_3 (3б), от времени полоскания x_2 и потребления воды x_3 (3с).

Получена матрица линейных коэффициентов парной корреляции:

$$\begin{vmatrix} & y & x_1 & x_2 & x_3 \\ y & 1 & -0.187 & -0.714 & -0.3927 \\ x_1 & -0.187 & 1 & -0.2485 & 0.1436 \\ x_2 & -0.714 & -0.2485 & 1 & 0.1743 \\ x_3 & -0.3927 & 0.1436 & 0.1743 & 1 \end{vmatrix}$$

По величине парных коэффициентов корреляции обоснован вывод о том, что влияние факторов друг на друга не выявлено, что говорит об отсутствии мультиколлинеарности факторов. Выполнен расчет частных коэффициентов корреляции и проведен анализ на основе шкалы Чеддока (Таблица 4).

Таблица 4 – Частные коэффициенты корреляции функции электропроводности

Коэффициент корреляции	Значение	Связь	$t_{\text{набл}}$	$t_{\text{крит}}$	значимость коэффициента корреляции
$\Gamma_{yx1/x2}$	-0,538	Умеренная	2,3	2,16	$t_{\text{набл}} > t_{\text{крит}}$ - значим
$\Gamma_{yx1/x3}$	-0,143	Низкая	0,52	2,16	$t_{\text{набл}} < t_{\text{крит}}$ - не значим
$\Gamma_{yx2/x1}$	-0,799	Сильная	4,79	2,16	$t_{\text{набл}} > t_{\text{крит}}$ - значим
$\Gamma_{yx2/x3}$	-0,713	Сильная	3,67	2,16	$t_{\text{набл}} > t_{\text{крит}}$ - значим
$\Gamma_{yx3/x1}$	-0,376	Не сильная	1,46	2,16	$t_{\text{набл}} < t_{\text{крит}}$ - не значим
$\Gamma_{yx3/x2}$	-0,389	Не сильная	1,52	2,16	$t_{\text{набл}} < t_{\text{крит}}$ - не значим

В результате расчетов получено уравнение множественной регрессии: $y=682.83-0.22x_1-2.5x_2-0.32x_3$. Статистическая значимость уравнения проверена с помощью коэффициента детерминации и критерия Фишера.

Данная модель позволяет провести верификацию на соответствие требованиям стандарта ГОСТ 8051-83, что позволяет подтвердить выполнение общих технических условий для АСМ, производимых в Российской Федерации. В результате внедрения

разработанной методики на производстве бытовой техники, начиная с апреля 2018, был улучшен параметр электропроводности с 629 сименс/см до 593 сименс/см, путем увеличения количества воды во время полоскания до 72 литров, продолжительность процесса полоскания белья была увеличена с 5 до 16 минут, время стирки снижено до 120 минут, так как было выявлено, что влияние фактора на процесс незначительное. В результате улучшен показатель, отвечающий за качество полоскания (количество стирального раствора, оставшегося в белье после полного цикла стирки) до 0,2 мг-экв/дм³, что соответствует требованиям стандарта ГОСТ 8051-83. Улучшен внутренний показатель по качеству (уровень взвешенных ошибок) на 4% и внешний показатель (количество ремонтов на рынке) на 6%.

Третий раздел «Методики и процедуры повышения результативности процессов производства бытовой техники» посвящен разработке методик и процедур управления качеством и повышения результативности СМК при производстве АСМ. При решении задачи учтено, что в соответствии с 9.1.1 ISO 9001:2015 организация должна установить (определить): что необходимо подвергать мониторингу и измерениям; методы мониторинга, измерений, анализа и оценки, необходимые для обеспечения достоверности их результатов; когда должны проводиться мониторинг и измерения; когда результаты мониторинга и измерений должны быть проанализированы и оценены.

Предложена методика внедрения системы менеджмента качества на производстве бытовой техники. Разработана формализованная процедура внедрения системы менеджмента измерений, включающая в себя оценку измерительной системы на предмет сходимости и воспроизводимости результатов измерений на базе «Gage R&R» анализа и разработку системы аудита процесса метрологического обеспечения при производстве бытовой техники. Разработан стандарт организации СТО 0.4-2018 «Система менеджмента измерений» для ООО «БСХ Бытовые приборы» с определением этапов внедрения системы менеджмента измерений (Таблица 5), фрагмент карты процесса внедрения системы менеджмента измерений представлен на рисунке 4.

Таблица 5 – Этапы процедуры внедрения системы менеджмента измерений

Организация учета СИ	Создание базы данных	Наименование СИ
		Заводской номер СИ
		Диапазон измерений СИ
		Погрешность СИ
		Номер сертификата калибровки СИ
		Участок хранения/использования СИ
		Ответственный за участок хранения/использования СИ
		Общее количество СИ
		Количество индикаторов
		СИ в процессе калибровки
		Количество заблокированных СИ
		Количество сломанных СИ
		Количество утилизированных СИ
Организация калибровки и поверки	Отслеживание статуса СИ	Дата последней калибровки
		Статус
		Поверитель
		Дата последующей калибровки
		Заблокировано
Идентификация СИ	Маркировка СИ	
Обеспечение точности измерений	Внедрение анализа «Gage R&R»	
Контроль	Внедрение системы аудитов	
	Метрологическая аттестация испытательного оборудования	

ЖЦ 4	КАРТА ПРОЦЕССА	
ПРОЦЕСС ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ	НАИМЕНОВАНИЕ ПРОЦЕССА	Внедрение системы менеджмента измерений
ЦЕЛЬ ПРОЦЕССА	Обеспечение производственных подразделений калиброванными/поверенными средствами измерений/ документами	
ВЛАДЕЛЕЦ ПРОЦЕССА	Директор	
РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЦЕССА	Руководитель департамента управления качеством	
РЕСУРСЫ	1 Инфраструктура; 2 Финансы; 3 Персонал; 4 Производственная среда	
ВХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРОЦЕССА	1 Перечни. СИ, ИО, КО; 2 Требования ИСО и потребителей; 3 Результаты оценки эффективности СМК по СТО	
ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ ПРОЦЕССА	1 Сводный отчет по процессу; 2 Плана по поверке (калибровке) 3 Наличие замечаний по результатам внутренних проверок качества, метрологического контроля и надзора за обеспечением требований Закона об обеспечении единства измерений	
ПОСТАВЩИК ИНФОРМАЦИИ	Производственные подразделения предприятия; Служба технического контроля	
УПРАВЛЯЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ	Утвержденный план-график, требования СТО	
ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА	К5_01_20, К5_01_33	
ДЕЙСТВИЕ, ИСПОЛНЕНИЕ ПРОЦЕССА	К5_03_11, К5_03_15	
КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА	К6_03_11, К6_03_22, К6_03_17	
ПОКАЗАТЕЛЬ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА	Своевременность калибровки. Обеспечение качества производимой продукции. Оценка измерительной системы.	
КРИТЕРИИ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА	% реализации планов по Метрологическому обеспечению. Своевременность реализации мероприятий по результатам государственного метрологического контроля и надзора. Проведение метрологической экспертизы в установленные сроки.	

Рисунок 4 - Фрагмент карты процесса «Внедрение системы менеджмента измерений»

Пример графического изображения анализа комплектующих на предмет сходимости и воспроизводимости результатов согласно «Gage R&R» анализу представлен на рис.5.

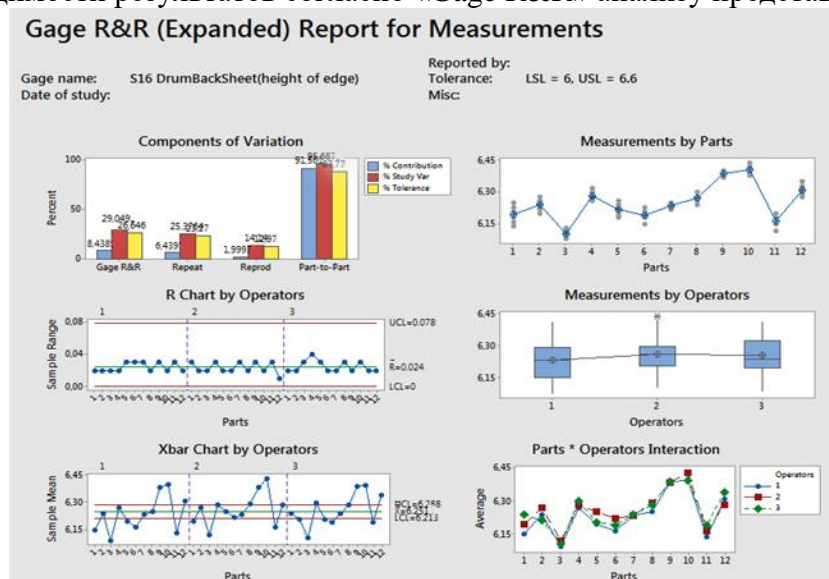


Рисунок 5 – Отчет по анализу измерительной системы, выполненный в программе Minitab

Пример документа по организации аудитов на производстве на предмет «Gage R&R» анализа с фиксацией результатов проверки представлен на рисунке 6.

ООО Восход				План аудита Gage R and R производственного оборудования																																			
Последнее обновление: 12.12.2018				<input type="checkbox"/> П <input type="checkbox"/> Запланирован <input type="checkbox"/> Отменен <input checked="" type="checkbox"/> Р Реализован																																			
Результат: 0> <10> >30																																							
Процесс	Название детали	Характеристика	СИ	Результат	Январь					Февраль					Март					Апрель					Май														
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22													
Штамповка	корпус	ширина	штангенциркуль	>30%																																			
	корпус	длина	штангенциркуль	23.33%																																			
	корпус	отверстия для кабель канала	цифровой штангенциркуль	27.69%																																			
План создал: Инженер по качеству: Степанов Н. Дата подписи				Согласовано: Начальник участка Круглов И. Дата подписи										Согласовано: Директор по качеству: Смирнов А. Дата подписи																									

Рисунок 6 – Документ по подготовке и результатам проведения аудита на производстве АСМ

В случае неудовлетворительных результатов в ходе аудита (>30%) проводится анализ корневых причин, после чего проводится повторный аудит, который подтвердит, что меры были эффективными.

Разработана процедура мониторинга качества бытовой техники на этапах жизненного цикла продукции, включающая алгоритм мониторинга процессов менеджмента качества, применимый к анализу процессов того или иного этапа жизненного цикла. Основными этапами процедуры мониторинга качества бытовой техники на этапах жизненного цикла продукции являются: подготовительный этап, осуществление записей по результатам мониторинга, измерение процесса, обработка информации, оценка и хранение результатов мониторинга. Реализация процедуры основывается на применении инструментов мониторинга состояния процессов жизненного цикла, фрагмент предложенного инструментального ящика приведен в табл. 6.

Применение предложенной методики мониторинга качества процессов дает возможность производственным предприятиям делать анализ результативности и корректного функционирования существующей на предприятии системы менеджмента качества, а также является неотъемлемой частью процесса внедрения СМК на предприятии согласно требованиям стандарта ИСО 9001-2015.

Таблица 6 – Фрагмент инструментального ящика

Этап ЖЦ	Задача этапа	Мониторинг состояния	Методы решения	Рекомендованные инструменты мониторинга
Планирование	разработка требований к продукции...	анализ потребительских свойств в отношении качества и цены продукции...	методы экспертных оценок, математико-статистические методы...	Опрос, интервью, анализ документов, методы коллективных экспертных оценок, аналитический метод, метод "мозгового штурма"...
Проектирование	разработка спецификаций...	проектирование и разработка технических требований...	методы ситуационного анализа и прогнозирования...	анализ чувствительности, имитационное моделирование, метод экстраполяции, корреляционный анализ, регрессионный анализ...
Реализация	производство и тестирование продукции...	контроль, проведение испытаний и обследований, анализ качества продукции....	методы статистического контроля, методы причинно-следственных связей....	контрольные карты, анализ Парето, циклограмма качества, стратификация (расслоение), диаграмма причинно - следственной связи (диаграмма Исикавы) ...
Эксплуатация	анализ ремонтов и недостатков продукции...	анализ отказов и других несоответствий продукции, анализ затрат потребителей при использовании продукции...	методы статистического контроля, математико-статистические методы....	анализ Парето, циклограмма качества, стратификация (расслоение), горизонтальная гистограмма, функция желательности, корреляционный анализ...

Внедрение процедуры организации системы менеджмента измерений и процедуры мониторинга качества бытовой техники на этапах жизненного цикла продукции на

предприятия ООО «БСХ Бытовые приборы», специализирующемся на производстве бытовой техники, дало практические результаты в виде роста показателей повышения результативности СМК с достаточного уровня (0,7) до высокого (0,9).

Четвертый раздел «Методика оценки рисков при производстве бытовой техники». Обоснована актуальность разработки инструмента управления рисками на производстве, отвечающего требованиям стандартов ИСО 9001:2015 и ISO 31000 - методика оценки рисков обнаружения несоответствий по качеству продукции. Методика содержит следующие шаги: описание проблемы, анализ, оценка рисков, разработка корректирующих и предупреждающих действий, заключение. Разработана шкала оценки вероятности появления риска у потребителя и шкала оценки тяжести последствий возникновения риска у потребителя.

Предложена модель оценки взвешенного показателя общего риска:

$$\begin{bmatrix} R_{W1} = O_{B1} * O_{T1} \\ R_{W2} = O_{B2} * O_{T2} \\ R_{W3} = O_{B3} * O_{T3} \\ R_{W4} = O_{B4} * O_{T4} \\ R_{W5} = O_{B5} * O_{T5} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^5 R_{wi}$$

где R_{wi} – уровень показателя риска, O_e – оценка вероятности появления риска каждым из экспертов соответственно, O_m - оценка показателя тяжести последствий возникновения риска, $R_{w1,2,3,4,5}$ – оценки экспертов.

Модель оценки общего уровня риска имеет вид:


$$Rg = q_i * R_{wi} + q_i * G_i + q_i * TCR_i,$$

где Rg – общая оценка риска, R_{wi} – уровень показателя риска, TCR_i – значение количества обращений на рынке, G_i – значение величины гарантийных затрат, q_i – весовые коэффициенты.

Для определения необходимости разработки мер по снижению риска и способа реагирования на риск сформированы интервалы значений.

Результаты практической апробации методики оценки общего риска сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты апробации методики оценки общего риска

1) Описание проблемы		2) Анализ			3) Оценка рисков		4) Заключение				
Номер и название материала	9001 фронтальная панель	Нормативная документация	Спецификация	Объем выборки	152 шт	Решение:	Очень низкий уровень риска. Принятие риска. Возможна разработка предупреждающих мер				
Описание дефекта	визуальный дефект	Причина дефекта	Выход из строя оборудования	Уровень брака	5,7%-20,7%	Корректирующие/предупреждающие меры	Краткосрочны меры:				
Фото 		Экспертная оценка ОВ и ОТ			Уровень критичности риска (вес:0,5)		5,5	Должность	Ф И О	Подпись	Дата
		Эксперты	ОВ	ОТ	Текущий уровень TCR,ppm		25000	Предупреждающие меры: внесения проверки штампа в план тех обслуживания			
		Э1	1	1				Должность	Ф И О	Подпись	Дата
		Э2	1	2	Текущий уровень затрат, евро	2000000					
		Э3	2	2							

Поставщик	Заготовительное производство	Э4	1	2	Ожидаемое увеличение TCR (ppm) (вес:0,2)	С решением ознакомлены/ решение одобрено:	Должность	Ф И О	Подпись	Дата
Где используется?	Сборочная линия	Э5	1	2			директор завода			
Количество некачественной продукции	1000 pcs	И	1,2	1,8	Ожидаемое увеличение затрат (€) (вес:0,3)		Руководитель отдела разработок			
Проверено	20 шт	Б	0,4	0,4	Средняя стоимость ремонта, евро		Руководитель отдела качества			
Количество найденных дефектов:	6 шт	Vo	33%	22%	Расчет общего риска:		Руководитель инженерной службы			
5) Мониторинг:					Действия выполнены и проверены QM		Должность ФИО контролера по качеству дата,подпись			

В результате внедрения методики оценки рисков количество часов простоя производства за месяц снижено на 5% в связи с более быстрым реагированием на принятие решения по рискам. Также улучшен показатель по качеству продукции на 3%, количество брака на заготовительном производстве сокращено на 6%.

В целях расширения инструментария контроля и управления рисками, применительно к производству бытовой техники, разработана процедура оценки и ранжирования рисков по качеству на сборочной линии с учетом защищенности рабочего места на предмет совершения ошибки. Процедура, разработанная на основе метода FMEA и кластерного анализа, включает в себя предложенную автором модель оценки общего уровня защищенности линии от рисков по качеству.

Отличие предлагаемой процедуры от классического подхода FMEA заключается в том, что классификация рисков производится не на основании расчета единичных рисков сопоставимых между собой признаков, а на основе кластерного анализа, применимого к разным видам рассматриваемых объектов.

Предложенная математическая модель расчета общего показателя уровня критичности производственной линии (R_g) имеет вид:

$$R_g = \frac{\sum_i^n S_i O_i D_i}{n S_{max} O_{max} D_{max}},$$

где S – уровень тяжести последствий, O – вероятность возникновения риска, D – вероятностная оценка достоверности риска, $n S_{max}$ – максимальное значение уровня тяжести последствий, O_{max} – максимальное значение вероятности возникновения риска, D_{max} – максимальное значение достоверности оценки риска.

Процедура оценки и ранжирования рисков по качеству на сборочной линии, апробированная на линии сборки колебательной системы АСМ, позволила оценить общий уровень защищенности линии от возникновения рисков по качеству, выявить наиболее критичные рабочие операции, требующие доработки, согласно результатам кластерного анализа.

В результате исследования произведено разбиение идентифицированных рисков на четыре кластера для определения наиболее критичных рабочих операций производственной линии. Результаты исследования представлены в таблице 8.

Степень защищенности процесса от рисков по качеству оценивается комплексным показателем уровня критичности производственной линии. Общий показатель уровня защищенности линии от возникновения рисков $Rg=0,105$, что соответствует низкому уровню риска. Принятие дополнительных мер не требуется. Возможна разработка предупреждающих действий. Для повышения уровня защищенности линии от рисков приоритетным является проработка рисков первого кластера.

Таблица 8 – Кластеризация рисков линии сборки колебательной системы АСМ

Кластер	Риск	Комментарий
Кластер 1	R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7,R8,R9 R10,R11,R12, R13,R14,R18,R31, R33, R40,R41	Данный кластер содержит риски, устранение которых ведет к наибольшим затратам: от 9855 до 10950 руб. за ремонт. Риск возникновения дефектов данного кластера является самым высоким, так как в основном дефекты носят скрытый характер, что затрудняет обнаружение риска до начала проверки прибора на функциональность.
Кластер 2	R15,R25, R28,R29,R30,R32,R34,R42,R43,R44	Ко второму кластеру относятся риски со средним значением 6015 руб. за ремонт. Вероятность проявления риска сведена к минимуму. Средняя вероятность обнаружения. Процесс статистически контролируется и оценивается непосредственно в ходе производства.
Кластер 3	R16,R17,R19,R20,R24,R35,R36,R37, R38,R39	Данный кластер содержит риски с средним значением стоимости ремонта 3358 руб., что является минимальной суммой, необходимой для устранения рисков, возникших в ходе сборки колебательной системы. Доверительный интервал показателя уровня возникновения дефектов имеет наибольший разброс и достигает критического уровня. Однако, благодаря тому что обнаружение ошибок происходит на рабочей станции или в ходе последующих операций вероятность обнаружения риска высокая.
Кластер 4	R21,R22,R23,R26,R27	Ко четвертому кластеру относятся риски со средним значением стоимости ремонта 3416 руб. Тяжесть последствий возникновения риска может достигать максимально критического уровня 10. Однако, это компенсируется минимальным уровнем возможности возникновения дефекта и максимально высокому уровню обнаружения риска.

В результате внедрения предложенной процедуры оценки и ранжирования рисков по качеству на сборочной линии ООО «БСХ Бытовые приборы» на всех участках сборки АСМ, общий показатель уровня защищенности линии от возникновения рисков (Rg) был улучшен со среднего уровня риска (0,30) до низкого уровня риска (0,1), что повысило внешний показатель, отвечающий за качество конечного продукта (количество ремонтов) на 7%. Также сократились затраты на гарантийные ремонты на 5%.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе изложены и научно обоснованы новые технические и технологические решения, имеющие существенное значение для развития страны и обеспечения качества бытовой техники.

В ходе проведенных исследований получены новые научные результаты:

- Квалиметрическая модель оценки бытовой техники, отличающаяся тем, что учтена расширенная номенклатура показателей оценки технического уровня, учитывающая уточненные потребительские свойства продукции.
- Формализованная процедура внедрения системы менеджмента измерений, в отличие от существующих включающая в себя оценку сходимости и воспроизводимости

результатов измерений на основе «Gage R&R» анализа, направленная на обеспечение качества процесса измерений.

- Процедура мониторинга качества бытовой техники, в отличие от существующих включающая алгоритм мониторинга процессов менеджмента качества, с обоснованием методов и инструментов управления качеством на этапах жизненного цикла бытовой техники.

- Методика оценки рисков при производстве бытовой техники, в отличие от существующих включающая оценку технических и экономических рисков, позволяющая обеспечивать качество процесса гарантийного обслуживания продукции.

Внедрение результатов диссертационного исследования обеспечило повышение уровня конкурентоспособности на 3%, снижение уровня брака на заготовительном производстве и сборочной линии на 7%, улучшение внутреннего показателя по оценке качества продукции (уровень взвешенных ошибок) на 6%, улучшение внешнего показателя (количество обращений на число произведенной продукции) на 7%, гарантийные затраты сокращены на 5%. Применение разработанных моделей и процедур контроля и обеспечения качества продукции на производстве бытовой техники привело к повышению результативности СМК с достаточного уровня (0,7) до высокого (0,9), результативность процессов производства в среднем выросла на 6-7%.

IV. ОСНОВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах:

1. Шанта, М.В. Модель организации систем менеджмента измерений/ М.В. Шанта // Стандарты и качество. – 2017. – №5 – С. 107.
2. Шанта, М.В. Модель организации контроля качества готового продукта на производстве / Е.Г. Семенова, М.В. Шанта // Вопросы радиоэлектроники. – 2017. – №5. – С. 61-65.
3. Шанта, М.В. Система сбалансированных показателей как метод стандартизации и управления производством /А.Г. Варжапетян, Е.Г. Семенова, М.В. Шанта // Компетентность. – 2017. – №8(149). – С.44-48.
4. Шанта, М.В. Модель оценки технического уровня бытовой техники / М.В. Шанта, Е.Г. Семенова, В.М. Милова, М.С. Смирнова // Вопросы радиоэлектроники. – 2018. – №10. – С.30-38.
5. Шанта, М.В. Методика анализа и ранжирования рисков по качеству на сборочной линии / М.В. Шанта, Е.Г. Семенова // Вопросы радиоэлектроники. – 2019. – №7. – С. 60-71.
6. Шанта, М.В. Процедура мониторинга качества продукции на этапах жизненного цикла бытовой техники / М.В. Шанта, Е.Г. Семенова // Наука и бизнес: пути развития. – 2019. – №5(95). – С. 190.

Статьи в рецензируемых журналах, входящих в системы цитирования Scopus

7. Shanta, M.V. Optimization methodology of product technical characteristics in the production of household appliances / M. V. Shanta, E. G. Semenova and M. S. Smirnova // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 537 (3). – 2019. – №032016.
8. Shanta, M.V. Evaluation of product quality nonconformity risk found at production / M.V. Shanta, E.G. Semenova and M. S. Smirnova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES). – 315(3). – 2019. – №032005.

Список остальных работ, опубликованных по теме диссертации

9. Шанта, М.В. Методика внедрения матрицы принятия решения на производстве / М.В. Шанта, Е.Г. Семенова // XVI Международная научно-практическая конференция «Управление качеством», МАИ. – М.: МАИ, 2017. – С. 385-389.
10. Шанта, М.В. Методика внедрения Gage R and R анализа на производстве / М.В. Шанта, Е.Г. Семенова // V Международные научные чтения (памяти

- В.Ф. Петрушевского): сборник статей международной научно-практической конференции. – М.: Европейский фонд инновационного развития, 2016. – С. 29-32.
11. Шанта, М.В. Методика внедрения СМК / М.В. Шанта, Е.Г. Семенова // XIII международная научно-практическая конференция «Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований». – США, 2017. – С. 49-54.
 12. Шанта, М.В. Методика внедрения СМК согласно ИСО 9001:2015 /М.В. Шанта, Е.Г. Семенова // XIV международная научно-практическая конференция «Академическая наука – проблемы и достижения», North Charleston, USA. – США, 2017. – С. 56-62.
 13. Шанта, М.В. Методика внедрения ССП на предприятии / М.В. Шанта, Е.Г. Семенова // XVI-й международной научно-практической конференции «Вопросы современной науки: проблемы, тенденции и перспективы». – М.: Научный журнал «Chronos», 2017. – С. 53-58.
 14. Шанта, М.В. Система контроля деталей и комплектующих на заготовительном производстве / М.В. Шанта, Е.Г. Семенова // Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем: Сборник докладов, ГУАП. – СПб.: ГУАП, 2016. – С.136-142.
 15. Шанта, М.В. Методика оценки качества бытовой техники. / М.В. Шанта, Е.Г. Семенова// Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем: Сборник докладов, ГУАП – СПб.: ГУАП, 2018. – С. 157-162.
 16. Шанта, М.В. Методика внедрения системы метрологического обеспечения измерений на производстве / М.В. Шанта, Е.Г. Семенова, А.П. Ястребов, А.В. Фомина // Сборник тезисов Международного форума «Метрологическое обеспечение инновационных технологий», ГУАП. – СПб.: ГУАП, 2019. – С. – 118-183.