

Крицкий Алексей Викторович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК И ИНСТРУМЕНТАРИЯ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ**

2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.
Организация производства

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный технический университет» на кафедре «Теоретическая и общая электротехника».

Научный руководитель:

Козловский Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет», кафедра «Теоретическая и общая электротехника», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Полякова Марина Андреевна, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», кафедра технологий обработки материалов, профессор;

Газизуллина Альбина Юсуповна, кандидат технических наук, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Управление академического развития, начальник Управления, доцент Высшей школы передовых цифровых технологий.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный университет», г. Тула.

Защита состоится 19 апреля 2023 года в 12:00 на заседании диссертационного совета 24.2.379.05, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», по адресу: 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королева»: https://ssau.ru/files/resources/dis_protection /Krickii_A_V_Sovershenstvo_vanie_metodik_i_instrumentariya.pdf.

Автореферат разослан «__» февраля 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 24.2.379.05,
доктор технических наук, доцент

Ерисов
Ярослав Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Ключевыми трендами развития автомобилестроения в последние десятилетия являются беспрецедентный рост конкуренции, связанное с этим повышение потребительских свойств и качества, при одновременном максимальном обеспечении экономической эффективности этапов жизненного цикла продукции.

Определяющими текущее состояние и перспективы развития автомобилестроения, с точки зрения управления качеством, являются стандарты ГОСТ Р ИСО 9001-2015, а также IATF 16949:2016, в которых установлены достаточно жесткие требования по системному насыщению автосборочных производств инженерными инструментами мониторинга и управления, таких как метод анализа видов, причин и последствий потенциальных несоответствий (FMEA) и метод мониторинга производственного процесса с использованием статистических инструментов управления качеством продукции (SPC).

В качестве базового элемента успешного развития автосборочных предприятий с точки зрения повышения конкурентоспособности и качества продукции и сопутствующих услуг сегодня следует рассматривать информатизацию и цифровизацию всех ключевых видов деятельности.

Таким образом, системное развитие инструментов обеспечения качества продукции автомобилестроения, в соответствии с действующими стандартами, на основе эффективного применения инженерных инструментов мониторинга и управления, а также инструментов цифровизации, в настоящее время определяют научно-техническую проблему, связанную с необходимостью постоянного повышения конкурентоспособности технически сложной, наукоемкой продукции массового автомобилестроения.

В то же время, анализ опыта российских предприятий автомобилестроения показывает наличие системного недостатка, связанного с отсутствием либо неравнозначностью развития различных инженерных инструментов мониторинга и управления в реальном производстве. И прежде всего, здесь следует выделить не достаточный уровень развития системы массового контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в составе бортового электротехнического комплекса (БЭК) автомобилей на финише автосборочного производства, в то время как подобные системы уже показали свою высокую эффективность, например, при организации сборки механических узлов и агрегатов.

Выделенный недостаток, приобретает еще большую актуальность исходя из результатов статистических данных по отказам автомобилей в период эксплуатации, которые показывают, что именно электрокомпоненты имеют самый значительный уровень дефектности.

Следует признать, что темпы развития инструментов качества в области контроля, мониторинга и управления для электрокомпонентов, особенно в условиях массового производства, существенно отстают и не соответствуют темпам развития самого БЭК автомобилей. Этот аспект недопустим в условиях, когда всеобщее и гармоничное развитие процессов управления качеством продукции и услуг, в соответствии с передовыми достижениями науки и техники, становится гарантом обеспечения конкурентоспособности в самых различных отраслях экономики.

Отсюда, актуальность проблемы диссертационного исследования, заключающаяся в необходимости совершенствования методики и инструментария обеспечения статистически управляемых производственных процессов в условиях массового автомобильного производства.

Степень разработанности. Наиболее существенный вклад в развитие теории и практики управления качеством внесли иностранные и российские ученые: Э. Деминг, Дж. Джуран, П. Друкер, К. Исикава, Н. Кано, Р. Каплан, Ф. Котлер, Ф. Кросби, Г. Тагути, Н. Талеб, Ф. Тейлор, А. Фейгенбаум, В. Шухарт; Ю. П. Адлер, В. Н. Азаров, Г. Г. Азгальдов, И. З. Аронов, В. А. Барвинок, В. Я. Белобрагин, Б. В. Бойцов, В. В. Бойцов, В. А. Васильев, В. Г. Версан, Г. П. Воронин, А. В. Гличев, В. А. Лапидус, В. В. Окрепиллов, И. И. Чайка и другие.

При разработке научно-прикладных аспектов диссертации использовались результаты работы отечественных ученых: Д. В. Антипова, В. Ф. Безъязычного, С. А. Васина, В. Е. Годлевского, А. Г. Ивахненко, В. А. Качалова, Ю. С. Клочкова, В. Н. Клячкина, В. Н. Козловского, Д.В. Айдарова, Д. И. Панюкова, Е. В. Плахотниковой, О.В. Пантюхина, Д.И. Благовещенского, М. А. Поляковой, С. В. Пономарева, В. Б. Протасьева, С. В. Пугачева, М. И. Розно, Л. Е. Скрипко, Х. А. Фасхиева, А. Д. Шадрина, В. Л. Шпера, Г. Л. Юнака и многих других российских ученых.

Целью исследования является обеспечение качества автомобилей, за счет совершенствования методик и инструментария статистически управляемых процессов в автосборочном производстве.

Задачи исследования:

1. Провести научно-технический обзор и анализ проблемы качества автомобилей на этапах жизненного цикла, а также передовой теории и практики управления качеством в производстве.
2. Предложить модернизированную концепцию методик и инструментария статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве.
3. Разработать методики и инструментарий статистически управляемых процессов в автосборочном производстве для обеспечения качества электрокомпонентов.
4. Разработать научно-программный комплекс инструментов обеспечения встроенного массового контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в составе БЭК нового автомобиля в автосборочном производстве.
5. Комплексная апробация предложенных научно-технических решений на автосборочном предприятии.

Область исследования соответствует п. 8 «Разработка научно-практического статистического инструментария управления качеством», п. 9 «Разработка и совершенствование научных инструментов оценки, мониторинга и прогнозирования качества продукции и процессов», п. 13 «Научные основы цифровых, автоматизированных комплексных систем управления производством и качеством работ на базе технических регламентов и стандартов», п. 20 «Анализ и синтез организационно-технических решений. Стандартизация, унификация и типизация производственных процессов и их элементов» паспорта научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Объектом исследования является процесс контроля и мониторинга качества производства автотранспортных средств, действующий на предприятиях высокотехнологичного, массового автомобилестроения.

Предметом исследования являются статистические методы и подходы к организации процесса массового контроля и мониторинга качества автомобилей в производстве.

Методы исследования. Решение поставленных задач проведено на основе принципов Всеобщего управления качеством (Total Quality Management, TQM) положений теории качества, методов теории вероятности и математической статистики,

теории надежности, методологии всеобщего управления качеством процессного и системного подхода, а также реальных исследований с целью проверки адекватности теоретических положений.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в совершенствовании научно-практических методик и инструментария обеспечения статистически управляемых процессов в автомобильном производстве. Предлагаемый комплекс, включает в себя:

1. Научно-практическую концепцию методики и инструментов обеспечения статистически управляемых процессов в автосборочном производстве, а также ее реализацию в виде методики и алгоритма работы, которые отличаются от известного комплексного учета факторов в области организации, обеспечения, реализации и системного развития.

2. Методику по выбору автомобильных электрокомпонентов, имеющих недостаточный уровень качества, а также соответствующих унифицированных ключевых параметров контроля и мониторинга качества, отличающиеся от известных учетом статистических данных о качестве автомобилей на производственном и эксплуатационном этапах жизненного цикла и основных технических параметров электрокомпонентов.

3. Методику, классификатор, алгоритм действий по определению параметров массового статистического контроля и мониторинга качества электрокомпонентов, а также соответствующий программный расчетно-статистический комплекс инструментов, отличающиеся от известных возможностью реализации контроля качества электрокомпонентов в составе бортового электротехнического комплекса новых автомобилей в сборе.

Практическая значимость работы заключается в разработке комплекса научно-прикладных решений, обеспечивающих улучшение процесса контроля и мониторинга качества в автосборочном производстве, состоящего из: проекта стандарта системы менеджмента качества автосборочного предприятия «Статистически управляемые процессы»; компьютерной программы по обработке статистических данных процесса производственного контроля качества электрокомпонентов в составе бортового электротехнического комплекса новых автомобилей в сборе; комплексных рекомендаций по развитию технических требований (ТТ) и технических условий (ТУ) на электрокомпоненты в части формализации нормативных значений ключевых параметров, применяемых для оценки соответствия, при проведении массового контроля качества электрокомпонентов в составе БЭК новых автомобилей в сборе.

Предложенные научно-технические решения внедрены в практику ПАО «КАМАЗ». Ежегодный экономический эффект (2021 г.) от внедрения предложенных решений составляет 2,7 млн. руб.

Положения, выносимые на защиту:

1. Научно-практическая концепция методики и инструментов обеспечения статистически управляемых процессов в автосборочном производстве, а также ее реализация в виде методики и алгоритма работы.

2. Методика по выбору электрокомпонентов имеющих недостаточный уровень качества, а также соответствующих унифицированных ключевых параметров контроля и мониторинга.

3. Методика, классификатор, алгоритм действий по определению параметров массового статистического контроля и мониторинга качества электрокомпонентов, а также соответствующий программный расчетно-статистический комплекс инструментов.

4. Результаты комплексной апробации предложенных научно-технических решений.

Апробация работы. Результаты работы обсуждались на научно-технических семинарах Самарского государственного технического университета, профильных совещаниях департамента технического контроля ПАО «КАМАЗ».

Основные положения и результаты работы докладывались на международных конференциях: «2021 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex, TIRVED 2021 - Conference Proceedings» (Москва, 2021 г.); «E3S Web Conf. Volume 221, 2020 Energy Systems Environmental Impacts (ESEI 2020)» (Санкт-Петербург 2020 г.); IOP Conference Series Materials Science and Engineering 986 (Санкт-Петербург 2020 г.).

Личный вклад автора. Постановка задач осуществлялась совместно с научным руководителем. Теоретические и практические исследования автором выполнены самостоятельно.

В работах, выполненных в соавторстве, соискателю принадлежит: в работе [1, 2, 3] – участие в разработке алгоритмов и расчетно-статистических инструментов управления качеством, реализация исследований, обработка статистических данных с формированием результатов; в работах [4] – разработка практических рекомендаций при реализации проектной деятельности в области повышения качества электрокомпонентов автомобилей; в работах [5, 11, 14, 15] – участие в разработке научно-программных инструментов оценки влияния технологических погрешностей изготовления автомобильного генератора на стабильность его выходных характеристик, а также оценки влияния изменения напряжения бортового электротехнического комплекса автомобилей на технико-эксплуатационные характеристики основных элементов электроники; в работе [6] – разработка комплекса рекомендаций по реализации рекламационной деятельности по дефектным электрокомпонентам автомобилей; в работе [7] разработка модернизированной процедуры решения проблем качества закупаемых автомобильных компонентов в части электрооборудования; в работах [8, 9, 13, 16] - разработка блока расчетно-статистической оценки влияния электромагнитных помех на качество функционирования электрокомпонентов автомобиля при проведении лабораторных испытаний и в эксплуатации; в работе [10] – разработка блоков мониторинга и управления качеством при организации интеллектуальной системы оценки качества работы системы зажигания автомобилей; в работе [12] – разработка расчетно-статистического инструментария по определению ключевых дефектов автомобильных электрокомпонентов.

Связь работы с научными программами, темами, грантами. Исследования выполнялись в рамках работы по гранту Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ (НШ-2515.2020.8), а также в рамках реализации комплексной программы по повышению удовлетворенности потребителей качеством продукции и услуг ПАО «КАМАЗ».

Достоверность полученных результатов подтверждается корректным применением математического и статистического аппарата, а также широким обсуждением результатов диссертации на международных и отечественных конференциях, форумах и семинарах.

Публикации. Содержание диссертации отражено в 16 работах, из них 8 статей опубликовано в изданиях входящих в перечень ВАК Минобрнауки России, 3 – в изданиях, индексируемых базой Scopus (авторский вклад объемом 4,4 п.л.).

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и одного приложения. Общий объем диссертации 187 страниц, включая 70 рисунков, 26 таблиц, список литературы из 107 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, определена цель и поставлены основные задачи, изложены научная новизна, теоретическая и практическая значимость, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе актуализируется проблема обеспечения качества автомобильных электрокомпонентов на этапах производства и эксплуатации.

Проведен обзор по результатам научных исследований в области проблемы обеспечения качества бортового электротехнического комплекса автомобилей с 2010 по 2022гг. В результате работы установлено, что наиболее дефектоносным функциональным комплексом современных автотранспортных средств является БЭК, включающий в себя бортовую электронику. Используя электронную базу данных о дефектах в эксплуатации, для одного из ведущих отечественных автопроизводителей за период с 2017 по 2020гг., выделена группа электрокомпонентов имеющих наиболее существенный уровень дефектности. В выделенную группу входят: аккумуляторная батарея; лампы освещения; генератор; прибор звуковой; электроусилитель рулевого управления; датчик скорости; датчик фаз; вентилятор системы охлаждения; модуль управления светотехникой; комбинация приборов; реле повторителя; электростеклоподъемник; отопитель салона; очиститель ветрового стекла; индивидуальная катушка зажигания; регулятор холостого хода; стартер.

Исходя из того, что наиболее значимым сегментом по уровню дефектности новых автомобилей в эксплуатации является сегмент электрооборудования и электроники, актуализируется проблема, связанная с необходимостью комплексного научно-прикладного анализа инструментов обеспечения качества электрокомпонентов в автосборочном производстве. На основе проблемы, сформулирована цель и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе диссертации для определения узких мест в системе контроля, мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве, проводится комплексное перекрестное исследование применяемых инструментов.

На первом этапе, на примере автомобильного генератора, электростартера, аккумуляторной батареи и электростеклоподъемника проводится исследование формирования технических требований и технических условий на электрокомпоненты. В результате исследования установлено, что в разделах нормативной документации на электрокомпоненты недостаточно полно отражены требования по качеству с учетом совместной работы изделий в составе БЭК и соответствующих приемлемых статистических границах изменчивости ключевых параметров качества.

На втором этапе, проводится комплексное научно-прикладное исследование инструментов входного выборочного статистического контроля качества электрокомпонентов. Ключевым индикатором качества при организации входного контроля компонентов является индекс ppm отражающий уровень несоответствий на один миллион выпущенной продукции. Результаты статистического сравнительного исследования отечественной практики и практики иностранных автосборочных производств представлены на рисунке 1.

На отечественных автосборочных предприятиях, по-прежнему активно используются инструменты входного контроля качества: график последовательного анализа; план приемочного контроля; оперативная характеристика качества и характеристика среднего выходного уровня качества. Результаты применения статистических инструментов входного контроля качества, для продукции рассматриваемого автопроизводителя, позволяют выделить номенклатуру компонентов, имеющих недостаточный уровень качества в состоянии поставки: петли дверей; подшипник редуктора заднего моста; тормозные шланги; термостат; лампы освещения; электростеклоподъемник; подшипник муфты сцепления;

сальник коленчатого вала. Исходя из сопоставления результатов анализа качества автомобилей в эксплуатации и результатов применения инструментов входного контроля можно сделать вывод о том, что не всегда эти результаты имеют достаточную связь. Например, из выделенной в первой главе диссертации группы электрокомпонентов имеющих не высокий уровень качества в эксплуатации, при проведении приемочного контроля вошли всего два электрокомпонента.



Рисунок 1 – Назначение целей в области качества на этапе входного контроля

Далее, на третьем этапе проведено исследование инструментов качества действующих непосредственно в автомобильном производстве. Обычно это инструменты статистического выборочного контроля с оценкой до 10% от партии произведенной продукции. Основным индикатором, также как и при входном контроле является ppm. На диаграмме (рисунок 2) представлены результаты статистического исследования качества в процессе производства двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с распределением ответственности между подразделениями: механосборочное производство (МСП); дирекция по закупкам (ДпЗ). На диаграмме выделены основные проблемы в области качества готовой продукции МСП.



Рисунок 2 – Диаграмма изменения показателей качества с распределением ответственности между подразделениями и выделением ключевых проблем

Анализ полученных данных (рисунок 2) показывает, что применение традиционных инструментов контроля качества в производстве, также как и реализация входного контроля, обеспечивает лишь частичное выявление проблем качества электрокомпонентов. Так на диаграмме (рисунок 2) выделена зона, где определяются проблемы с качеством генератора и электростартера.

Следующим, четвертым этапом исследования является комплексный анализ существующих инструментов контроля качества готовых автомобилей в производстве. Здесь основным индикатором оценки качества выступает показатель прямой сдачи автомобилей с первого предъявления (рисунок 3). В данном случае, фактически идет речь о массовом инструменте контроля по определенному набору ключевых признаков качества, которые в основном касаются выявления видовых дефектов, а также быстро (буквально с первых минут эксплуатации) проявляющихся дефектов.

Проведенный в диссертации анализ причин дефектов, наиболее существенно влияющих на формирование основного индикатора, показывает, что из всего перечня электрокомпонентов выделенных в первой главе, на этапе оценки прямого хода отмечен только электростеклоподъемник (рисунок 4).

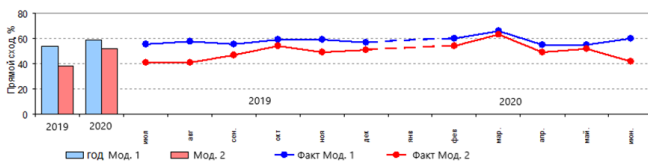


Рисунок 3 – Диаграмма изменения индикатора прямого хода автомобилей

Таким образом получается, что представленный инструмент также как и вышеперечисленные имеет недостаточную чувствительность при оценке качества электрокомпонентов и, по сути, неадекватен на выявление видовых дефектов новых автомобилей.

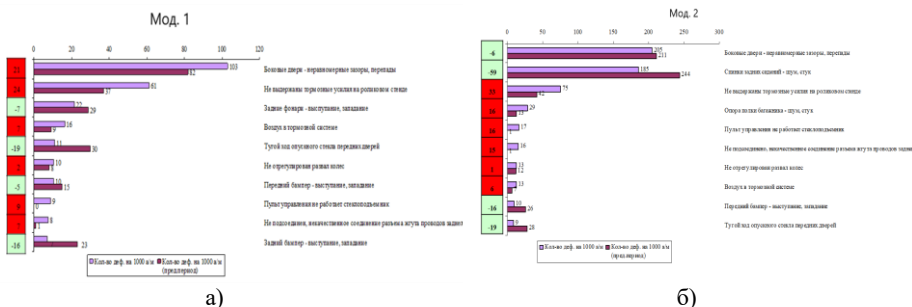


Рисунок 4 - Диаграммы Парето по массовым дефектам прямого хода новых автомобилей

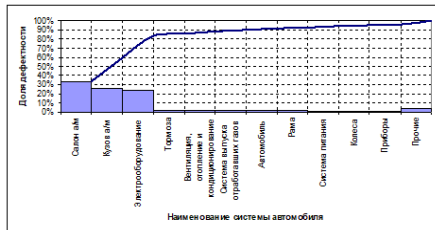
Далее, на пятом этапе, проведено исследование инструментов, используемых автопроизводителями в так называемых инспекционных или цехах выходного контроля, где проводят выборочный статистический контроль качества новых автомобилей, с размером выборки редко превышающей 5% от всего объема выпуска автомобилей. На рисунке 5 представлены диаграммы Парето с ранжированием позиций по уровню дефектности (а) и затрат на устранение неисправностей (б) в цехе выходного контроля по данным того же автопроизводителя и периодов оценки. Анализ полученных данных показывает, что вопреки проведенному исследованию качества новых автомобилей в эксплуатации, когда было установлено, что БЭК является безусловным лидером по уровню дефектности, по результатам работы цеха выходного контроля качества, система электрооборудования (БЭК) занимает лишь третье место в антирейтинге функциональных систем автомобилей. Результаты анализа уровня дефектности и затрат на устранение неисправностей по основным узлам БЭК, также показывают, что далеко не все выделенные на этапе исследования качества автомобилей в эксплуатации электрокомпо-

ненты вошли в перечень представленных на диаграмме. В частности можно выделить лишь следующие позиции: генератор; стартер; реле повторителей; лампы освещения. Таким образом, фиксируем недостаточную чувствительность рассматриваемого инструмента контроля мониторинга и управления качеством электрокомпонентов.

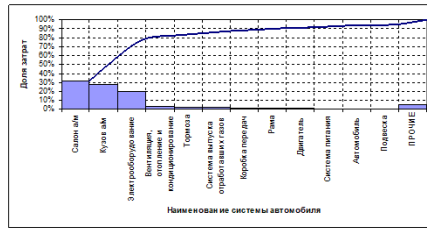
В последние годы, на многих автосборочных предприятиях активно внедряются новые инструменты инспекционного контроля качества продукции, это так называемые инструменты оценки качества продукции глазами потребителей. Оценка качества продукции реализуется по нескольким алгоритмам работы включающим: обнаружение очевидных дефектов; оценка качества с точки зрения потребителей в течении 30 минут, 2-х и 6-ти часов. По результатам контроля выставляется оценка в баллах с учетом выявления: значительного дефекта (V+); очень и достаточно беспокоящего дефекта (V1, V2); не тревожащего дефекта (V3). На рисунке 6, в качестве примера, представлены результаты реализации инструмента контроля для рассматриваемой марки автомобилей, изготовленных в рассматриваемый период.

По результатам детального анализа полученных данных (рисунок 6), можно сделать вывод о вполне определенной направленности рассматриваемого инструмента на выявление видовых дефектов, а также тех дефектов, которые проявляются сразу же после начала эксплуатации автомобилей. Также как и ранее, отмечаем недостаточную чувствительность данного инструмента к дефектам электрокомпонентов.

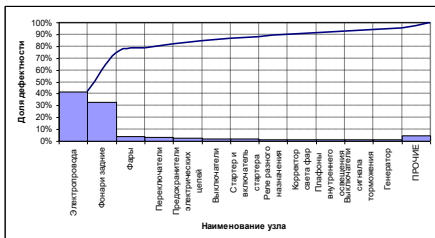
Далее, на шестом этапе исследования рассматриваются три специализированных инструмента контроля качества направленные на оценку БЭК новых автомобилей. Это инструменты диагностического тестирования контроллера автомобиля при искусственной симуляции неисправностей в электрических цепях, испытания по проверке взаимодействия контроллера с автомобильной противоугонной системой, а также инструмент контроля качества автомобилей по параметрам электромагнитной совместимости.



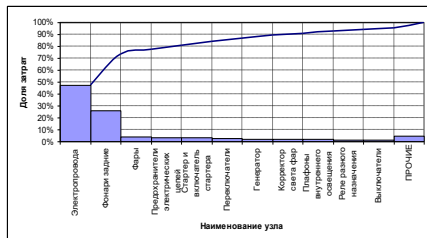
а)



б)



в)



г)

Рисунок 5 - Диаграммы распределения уровня дефектности и затрат на устранения неисправностей по основным функциональным системам и узлам БЭК в цехе выходного контроля качества автомобилей

| | A | B | C | E | F | G | H | I |
|----|------------|--------------|------------------|---------------------------|---|-----------------------|--------------------------|--------------------------|
| | Код модели | Код элемента | Раздел стандарта | | Описание несоответствия | Дата начала испытаний | Дата окончания испытаний | Дата окончания испытаний |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | 5011 | 5003 | BD-01 | ЛПД | выступление относительно ЛПД | | | V3 |
| 3 | 5011 | 5004 | BD-01 | ЛПД/рамка | выступление отн ЛПД | | | V3 |
| 4 | 5011 | 5015 | BD-01 | ЛПД | неравномерное выступление отн. ЛПД | | | V3 |
| 5 | 5011 | 4916 | EX-01 | Фонарь задний правый | выступление по ЛЭК | | | V3 |
| 6 | 5011 | 4939 | EX-01 | Багаж передний | выступление по ЛЭК | | | V3 |
| 7 | 5021 | 5013 | BD-01 | ЛПД | неравномерное углопание отн. крыла | | | V2 |
| 8 | 5021 | 5017 | EX-01 | Багаж задний | углопание относительно ЛЭК | | | V3 |
| 9 | 5021 | 5014 | BD-01 | ЛПД | неравномерное углопание относительно ЛЭК | | (V3) | (V2) |
| 10 | 5022 | 5029 | BD-01 | дверь кабри | неравномерное углопание по длине | | V2 | V2 |
| 11 | 5022 | 4929 | EX-01 | левая блок-фара | неравномерное углопание относительно крыла | | | V3 |
| 12 | 5030 | 5079 | BD-02 | рамка ЛПД | неравномерный зазор с крышей | | | V2 |
| 13 | 5030 | 5026 | IN25-02 | подшипник заднего сидения | неприлегание | | | V2 |
| 14 | 5050 | 5019 | BD-02 | ЛПД | клиновой зазор отн. ЛЭК | | V3 | |
| 15 | 5050 | 5038 | EX-16 | ЛПД/рамка | неравномерный зазор отн. ребристого окна | | | V3 |
| 16 | 5050 | 5025 | EX-16 | дверь кабри | неравномерный зазор с багажом слева | | | V3 |
| 17 | 5050 | 5288 | EX-16 | облицовка РВВ | неравномерный зазор с крылом | | V3 | |
| 18 | 5070 | 5043 | IN25-01 | ручной тормоз | плоский центрэк (с контактом) | | | V3 |
| 19 | 5070 | 5008 | BD-02 | локоток Б/База | неравномерный зазор | | | V3 |
| 20 | 5071 | 5030 | BD-02 | крышка багажника | плоский центрэк относительно крыла, фонарей | | | V1 |

Рисунок 6 – Таблица результатов инспекционного контроля новых автомобилей по стандарту оценки качества продукции глазами потребителей

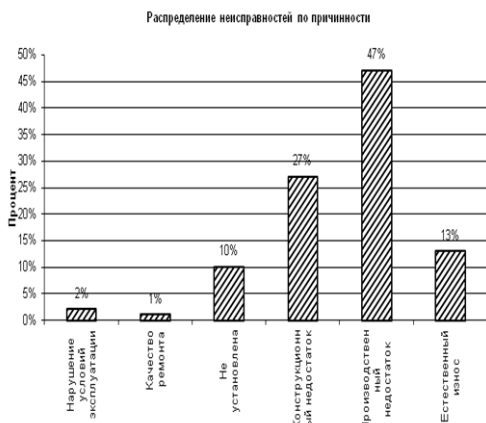
Данные инструменты имеют ограниченное производственное применение вследствие высокой трудоемкости их реализации в лабораторных условиях. Как правило, объем контрольных испытаний не превышает 2, 3 автомобилей конкретной модели в месяц. Результаты реализации рассматриваемых инструментов в автосборочном производстве однозначно свидетельствуют об их высокой чувствительности к проблемам качества электрокомпонентов, однако крайняя степень ограниченности возможностей для их применения в условиях массового производства не обеспечивает в полной мере решение проблемы качества БЭК новых автомобилей.

Еще одним действующим инструментом контроля, мониторинга и управления качеством новых автомобилей являются ресурсные испытания на надежность подконтрольных групп автомобилей. Путем сбора информации о надежности подконтрольных групп автомобилей и их элементов в эксплуатации, решаются задачи по получению достоверных исходных данных, необходимых для снижения совокупных (производственных и эксплуатационных) затрат при повышении надежности автомобилей; совершенствования технического обслуживания и ремонтпригодности автомобилей; прогнозирования надежности автомобилей и их деталей, сборочных единиц и комплектующих изделий; повышения конкурентоспособности автомобилей. На рисунке 7 (а) представлена диаграмма распределения неисправностей, выявленных на подконтрольных автомобилях рассматриваемой марки по результатам ресурсных испытаний за пробег 240 тыс. км., а также в качестве примера данные по надежности ряда компонентов (рисунок 7 б). Анализ диаграммы показывает, что лидирующей позицией по причинам неисправностей является производственное качество (47% причин), далее в порядке убывания идут конструкционные недостатки (27% причин), естественный износ (13% причин). Испытание подконтрольных групп является важным инструментом контроля мониторинга и управления качеством продукции, поскольку обеспечивает наиболее объективный информационный срез о реальном качестве новых автомобилей. С учетом детализации проведенного исследования и данных, указанных в таблице (рисунок 7 б) установлено, что в перечень дефектов электрокомпонентов вошли 5 позиций: генератор; аккумуляторная батарея; комбинация приборов; отопитель в сборе; электробензонасос. Однако представленный инструмент, также обладает существенными ограничениями в плане формирования объемов выборки. В лучшем случае, его реализуют не чаще одного раза в год, а подконтрольная группа автомобилей формируется в объеме не более 100 шт. (для легкового сегмента).

При формировании инструментов контроля и мониторинга качества в условиях массового производства автомобилей необходимо учитывать то, что продукция собирается из партий компонентов различных производителей. И не смотря на то, что все поставщики должны безусловно соответствовать установленным требованиям стандартов и дополнительным требованиям конкретных автопроизводителей, у каждого отдельного поставщика есть индивидуальные особенности влияющие на формирование качества продукции. В принципе, проведенный комплексный научно-прикладной анализ инструментов обеспечения качества электрокомпонентов в автосборочном производстве как раз это и доказал.

Таким образом, на основании вышеизложенного вскрывается проблема, связанная с недостаточной системностью обеспечения развития статистически управляемых процессов в автосборочном производстве, а также необходимостью разработки статистического инструментария обеспечения качества электрокомпонентов новых автомобилей в условиях массового производства.

В третьей главе актуализируется проблема системного развития инструментов статистически управляемых процессов, разрабатываются методика обеспечения статистически управляемых процессов, а также соответствующий корпоративный стандарт и алгоритм работы подразделений автосборочного предприятия.



а)

| № п/п | Наименование дефекта или вида неисправности (с указанием кода отклика) | Фактическая оценка | | Требования к ТР (час. мин) |
|-------|--|---|--|----------------------------|
| | | Т _ф – фактически выполненная работа до отклика (час.мин) | Т _н – 90% выполнения до отклика (час.мин) | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | |
| 1 | Работа генератора (трещины, расхождение) | T _ф = 31,05 T _н = 10,2 | T _ф = 0,28 T _н = 0,05 | T _т = 90 |
| 2 | Коррозия генератора (трещины, сколы) | T _ф = 2,05 T _н = 2,05 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 120 |
| 3 | Электрооборудование (отказ) | T _ф = 143,5 T _н = 123,6 | T _ф = 0,87 T _н = 0,87 | T _т = 120 |
| 4 | Консоль/актор (отказ) | T _ф = 151,4 T _н = 65,4 | T _ф = 0,87 T _н = 0,87 | T _т = 120 |
| 5 | Катушка зажигания | T _ф = 110,5 T _н = 123,8 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 120 |
| 6 | Получила подвисла системы зажигания (разрушение) | T _ф = 32,6 T _н = 32,6 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 100 |
| 7 | Трещина (отказ) | T _ф = 100,2 T _н = 123,8 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 100 |
| 8 | Диск резонантной (отказ) | T _ф = 123,8 T _н = 100,2 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 120 |
| 9 | Диск резонантной (отказ) | T _ф = 130,2 T _н = 100,2 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 120 |
| 10 | Приводные шаровые (отказ шару) | T _ф = 104,2 T _н = 69,6 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 120 |
| 11 | Работа задней подвески (отказ) | T _ф = 100,2 T _н = 104,2 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 120 |
| 12 | Амортизатор задний (отказ) | T _ф = 203,1 T _н = 104,2 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 100 |
| 13 | Положение ступицы переднего колеса (отказ) | T _ф = 102,4 T _н = 96,8 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 100 |
| 14 | Тяга рулевой трапеции (отказ) | T _ф = 119,3 T _н = 87,2 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 120 |
| 15 | Вал рулевого управления в сборе (шайба и шпатель) | T _ф = 128,9 T _н = 60,9 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 80 |
| 16 | Диск тормозной (отказ) | T _ф = 141,2 T _н = 63,1 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 120 |
| 17 | Генератор (отказ) | T _ф = 94,8 T _н = 26,6 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 120 |
| 18 | Оплетка в сборе (отказ) | T _ф = 116,4 T _н = 106,8 | T _ф = 0,05 T _н = 0,05 | T _т = 120 |

б)

Рисунок 7 – Диаграмма распределения причин неисправностей по результатам ресурсных испытаний подконтрольной группы автомобилей

По данным аудита рассматриваемого автосборочного предприятия за 2018г. проведено исследование по оценке доли статистически управляемых процессов в подразделениях автосборочного предприятия, результаты которого представлены на рисунке (рисунок 8). Рассматриваемые производственные подразделения: сборочно-кузовное производство (СКП); механосборочное производство (МСП); металлургическое производство (МтП); прессовое производство (ПрП); производство пластмассовых изделий (ПШИ); производство технологического оборудования и оснастки (ПТОО).

| Производ. | Февр. | Март | Апр. | Май | Июнь | Июль | Авг. | Сент. | Окт. | Новб. | Дек. | Ср. значение |
|--------------|-------|------|------|-----|------|------|------|-------|------|-------|------|--------------|
| СКП | 24 | 24 | 25 | 39 | 54 | 52 | | 42 | 49 | 54 | 58 | 42 |
| МСП | 66 | 75 | 80 | 83 | 78 | 81 | | 85 | 45 | 57 | 83 | 73 |
| МгП | 85 | | 57 | 100 | 100 | 85 | | 78 | 60 | 40 | 79 | 77 |
| Прп | 68 | 67 | 5 | 89 | 75 | 54 | | 82 | 43 | 17 | 32 | 51 |
| ППИ | 80 | 80 | 85 | 87 | 78 | 75 | | 85 | 90 | 78 | 85 | 82 |
| ПОО | 85 | 85 | 40 | 50 | 33 | 50 | | 85 | 33 | 20 | 40 | 55 |
| Ср. значение | 68 | 66 | 50 | 74 | 70 | 66 | | 76 | 53 | 44 | 61 | 63 |

■ от 100% до 85%
■ от 85% до 50%
■ от 50% до 0%

Рисунок 9 – Доля статистически управляемых процессов по подразделениям автосборочного производства

С позиций исследования, касающегося развития статистических инструментов контроля и мониторинга качества автомобильных электрокомпонентов, представленные данные определяют наличие проблемы, связанной с недостаточным уровнем статистически управляемых процессов. Для сборочно-кузовного производства, средний уровень составил 42%, для механосборочного производства 73%, при целевом нормативе 85%.

Решением выделенной проблемы является разработка методики обеспечения статистически управляемых процессов, этапы реализации которой в виде функциональной модели представлены на рисунке 9, а также соответствующего корпоративного стандарта и алгоритма работы подразделений автосборочного предприятия (рисунок 10).

Целью стандарта «Статистически управляемые процессы» является установление порядка статистического управления процессами и порядка взаимодействия подразделений автосборочного производства при осуществлении статистического управления технологическими процессами (далее СУТП). СУТП является механизмом управления, основанным на командной работе.



Рисунок 9 – Процессная модель применения статистических инструментов управления качеством в автосборочном производстве

В качестве организационного решения предложено создание в каждом из рассматриваемых производственных подразделений технологического бюро по СУТП. В функции бюро входит: обучение работников производства необходимым навыкам сбора и регистрации данных; составление контрольных карт (с обработкой данных с помощью статистических методов); анализ контрольных карт и идентификация особых причин изменчивости; координирование работ по устранению особых причин

изменчивости; идентификация обычных причин изменчивости; выдача предложений по снижению влияния обычных причин изменчивости; координация работ по регулированию технологических процессов (ТП).

В качестве направления развития инструментов контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов в автосборочном производстве предложено внедрение программно-аппаратного инструмента массового контроля качества (блок компьютерной диагностики электрокомпонентов в составе системы электрооборудования автомобилей на рисунке 11), которое до настоящего времени не нашло широкого применения в практике, по причине связанной с необходимостью разработки соответствующей статистической методики и ключевых параметров контроля качества. Подобные технические решения реализуются на основе компьютерных средств компаний Hofman, Bosch, LEM HEMA, GenRad, SofTest ATE через последовательный диагностический алгоритм тестирования электрооборудования автомобилей. В диссертационном исследовании реализуются решения, построенные на продукте GenRad. Ключевыми параметрами качества электрокомпонентов в рамках предложенного инструмента являются: напряжение (В), снимаемое на клеммах аккумуляторной батареи и генератора; ток (А) потребления в установившемся режиме для остальных электрокомпонентов БЖ.

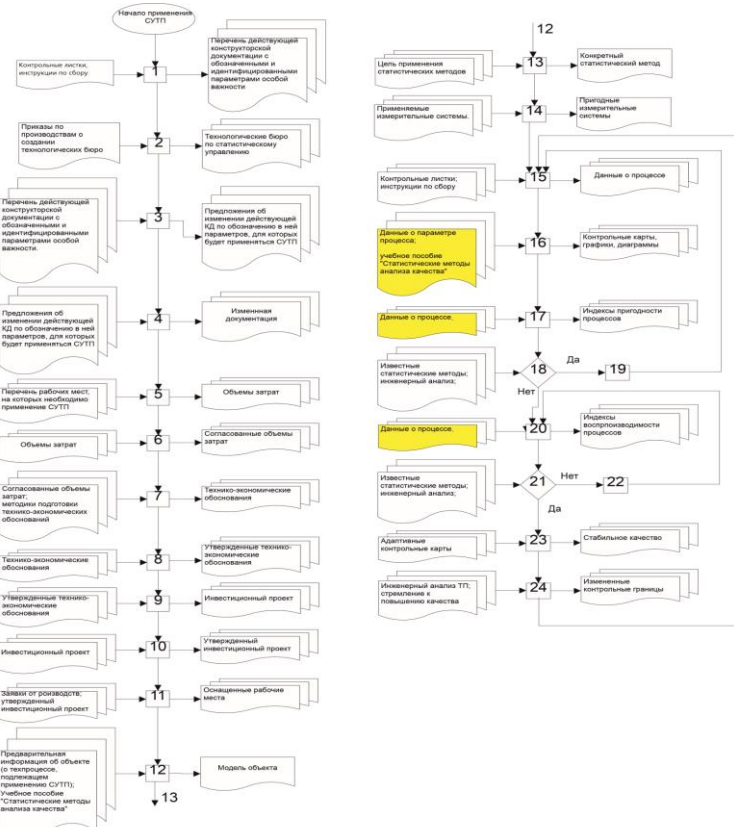


Рисунок 10 – Алгоритм работы по стандарту системы менеджмента качества «Статистически управляемые процессы»

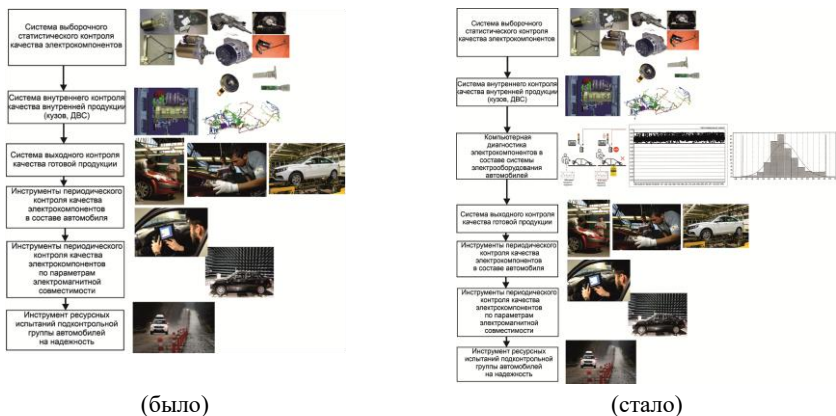


Рисунок 11 – Модернизированная концепция методики и инструментария статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве (стало)

В четвертой главе проводится разработка и реализация методики, классификатора, алгоритма действий по определению параметров массового статистического контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов, а также соответствующего программного расчетно-статистического комплекса.

Разработка статистической методики и инструментария контроля качества электрокомпонентов проводится на основе результатов тестирования электрооборудования и электронных систем одного из наиболее популярных семейств легковых автомобилей рассматриваемого автопроизводителя. Были протестированы 3685 автомобилей Модель 1, 725 автомобилей Модель 2 – и 1927 автомобилей Модель 3 на сборочном конвейере. Тестирование проведено в период с 1 по 25 сентября 2021 года. В рамках теста проводится измерение индивидуального значения напряжения бортовой сети (первый, второй тесты), а также индивидуальных значений токов нагрузки электрокомпонентов в установленном режиме работы системы электрооборудования, в соответствии с установленным алгоритмом продукта GenRad. В качестве статистического результата такого тестирования имеются выборки значений каждого из параметров, для всей выделенной в первой главе группы электрокомпонентов имеющих недостаточный уровень качества, полученные для различных автомобилей. Для разработки научно-практического инструментария используется программный продукт Microsoft Excel. В рабочее окно электронных таблиц последовательно загружаются данные с диагностического комплекса тестирования электрооборудования автомобилей.

Формулы для обработки статистических электронных данных результатов тестирования электрооборудования представлены в таблице 1.

В четвертой главе разработан алгоритм действий по разработке методики и определению параметров статистического контроля качества электрокомпонентов по исходным данным результатов тестирования (рисунок 12 (а)). В качестве примера, часть данных представлена в таблице (рисунок 12):

1. Определение параметров выборки «без нулей» (рисунок 12 (б)).

2. Исключение из полученных выборок значений, не попадающих в интервал $[\bar{x}-3s; \bar{x}+3s]$, где \bar{x} и S среднее и СКО анализируемой выборки соответственно (рисунок 12 (в)).

3. Определение параметров полученной выборки.

4. Вычисление «новых» контрольных границ

($НКГ = \bar{x} - 3s$ и $ВКГ = \bar{x} + 3s$) для анализируемой выборки.

5. Сравнение этих границ с границами, полученными на предыдущем шаге: если «новые» границы равны предыдущим, то происходит остановка, т.е. все значения, попавшие в последний вычисленный интервал, считаются принадлежащими выборке «без выбросов». В противном случае осуществляется возврат к шагу 2.

Таблица 1 – Статистические параметры контроля электрокомпонентов

| № | Наименование | Формула | Примечание |
|---|---|--|--|
| 1 | Среднее значение в выборке | $X_{CP} = \frac{1}{n_B} \sum_{i=1}^{n_B} X_i$ | n_B - объем малой выборки (объем электронных данных для исследования); X_i - текущее значение показателя качества в i -ой выборке |
| 2 | Размах | $R = X_{\max} - X_{\min}$ | X_{\max} , X_{\min} - максимальное и минимальное значения в i -ой выборке (в объеме электронных данных) |
| 3 | Среднее квадратическое отклонение (СКО) | $\bar{s} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - X_{CP})^2}$ | |
| 4 | Коэффициент вариации | $V = \frac{\bar{s}}{X_{CP}} \times 100$ | |

Для каждого электрокомпонента построены диаграммы индивидуальных значений (рисунок 13 (а)), а также гистограмма распределения ключевого параметра качества (рисунок 13 (б)). В качестве критериев управления качеством электрокомпонентов предложено рассматривать коэффициент вариации ключевого параметра качества, стабильность средних значений, а также закон распределения ключевого параметра качества. В зависимости от этого всю номенклатуру электрокомпонентов предложено разделить на три группы классификатора: первая группа - результаты тестирования, имеют небольшие коэффициенты вариации (<30%) и стабильные во времени средние значения, а также описываются нормальным распределением; вторая группа - нормальное распределение с большой вариацией; нормальное распределение с изменяющимся во времени средним или два нормальных распределения.

По результатам реализации предложенного классификатора получаем: 16 позиций компонентной базы в первой группе; 0 позиций во второй группе; 4 позиции компонентов в третьей группе.

Используя полученные данные (рисунок 12 (г)) можно составить прогноз по уровню дефектности электрокомпонентов в результате массового контроля по всей выделенной номенклатуре: аккумуляторная батарея – 2,8%; генератор – 4,8%; лампы (тесты «Ближний свет», «Дальний свет») – 33,2%; противотуманные фары – 20,5 %; прибор звуковой – 14,5%; электроусилитель рулевого управления – 8%; вентилятор системы охлаждения – 5,6%; электростартер – 8,7%; модуль управления светотехникой – 13,7%; очиститель ветрового стекла – 11,8%; микромоторредуктор отопителя 13,8%; датчик фаз 5,5%; регулятор холостого хода 6,1%; реле повторителя 6,3%; индивидуальная катушка зажигания – 6%; электростеклоподъемник 8,5%.

| № п/п | Наименование | Кол-во | min | max | Сред. | СКО | Var |
|-------|----------------------|--------|-----|--------|-------|------|--------|
| 1 | Генератор | 2140 | 0 | 14,73 | 14,22 | 1,40 | 9,8% |
| 2 | Напряжение бортсети | 4799 | 0 | 12,90 | 11,96 | 2,51 | 21,0% |
| 3 | Ближний свет | 5507 | 0 | 32,50 | 8,33 | 2,84 | 34,1% |
| 4 | Дальний свет | 5488 | 0 | 22,00 | 8,13 | 2,53 | 31,2% |
| 5 | Противотуманные фары | 1166 | 0 | 188,80 | 7,72 | 6,08 | 78,8% |
| 6 | Прибор звуковой | 5409 | 0 | 22,74 | 3,41 | 1,51 | 44,2% |
| 7 | Габаритные огни | 1177 | 0 | 19,47 | 3,17 | 1,30 | 41,1% |
| 8 | Комбинация приборов | 1175 | 0 | 17,21 | 3,12 | 1,32 | 42,3% |
| 9 | Вентилятор отопителя | 5418 | 0 | 26,91 | 3,22 | 1,19 | 37,0% |
| 10 | Датчик скорости | 5328 | 0 | 35,14 | 0,83 | 1,71 | 205,0% |

а)

| № п/п | Наименование | НК1 | ВК1 | Кол-во | Доля | min | max | Сред. | СКО | Var |
|-------|----------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| 1 | Генератор | 14,14 | 14,63 | 2080 | 2,8% | 14,16 | 14,54 | 14,39 | 0,08 | 0,55% |
| 2 | Напряжение бортсети | 11,93 | 13,05 | 4571 | 4,8% | 11,95 | 12,90 | 12,49 | 0,19 | 1,5% |
| 3 | Ближний свет | 8,71 | 9,38 | 4433 | 19,5% | 8,71 | 9,38 | 9,04 | 0,11 | 1,2% |
| 4 | Дальний свет | 8,51 | 9,25 | 4736 | 13,7% | 8,51 | 9,25 | 8,88 | 0,12 | 1,4% |
| 5 | Противотуманные фары | 8,18 | 9,17 | 927 | 20,5% | 8,25 | 9,13 | 8,68 | 0,17 | 1,9% |
| 6 | Прибор звуковой | 3,24 | 3,81 | 4627 | 14,5% | 3,24 | 3,81 | 3,53 | 0,10 | 2,7% |
| 7 | Габаритные огни | 3,28 | 3,86 | 865 | 26,5% | 3,28 | 3,86 | 3,57 | 0,10 | 2,7% |
| 8 | Комбинация приборов | 3,26 | 3,88 | 870 | 26,0% | 3,26 | 3,88 | 3,57 | 0,10 | 2,9% |
| 9 | Вентилятор отопителя | 3,09 | 3,69 | 4714 | 13,0% | 3,10 | 3,69 | 3,39 | 0,10 | 2,9% |
| 10 | Датчик скорости | 0,50 | 0,65 | 3542 | 33,5% | 0,50 | 0,65 | 0,58 | 0,02 | 4,3% |

в)

| № п/п | Наименование | Кол-во | Доля | min | max | Сред. | СКО | Var |
|-------|----------------------|--------|------|-------|--------|-------|------|--------|
| 1 | Напряжение бортсети | 4597 | 4,2% | 11,05 | 12,90 | 12,48 | 0,20 | 1,6% |
| 2 | Генератор | 2120 | 0,9% | 3,60 | 14,73 | 14,33 | 0,75 | 5,2% |
| 3 | Ближний свет | 5302 | 3,7% | 0,00 | 32,50 | 8,66 | 2,37 | 27,3% |
| 4 | Дальний свет | 5282 | 3,8% | 0,00 | 22,00 | 8,44 | 2,00 | 23,6% |
| 5 | Противотуманные фары | 1101 | 5,6% | 0,00 | 188,80 | 8,17 | 5,96 | 72,9% |
| 6 | Прибор звуковой | 5204 | 3,8% | 0,00 | 22,74 | 3,54 | 1,37 | 38,8% |
| 7 | Габаритные огни | 1114 | 5,4% | 0,00 | 19,47 | 3,35 | 1,09 | 32,5% |
| 8 | Комбинация приборов | 1109 | 5,6% | 0,00 | 17,21 | 3,31 | 1,11 | 33,5% |
| 9 | Вентилятор отопителя | 5212 | 3,8% | 0,00 | 26,91 | 3,34 | 1,02 | 30,6% |
| 10 | Датчик скорости | 5004 | 6,1% | 0,00 | 35,14 | 0,89 | 1,75 | 197,1% |

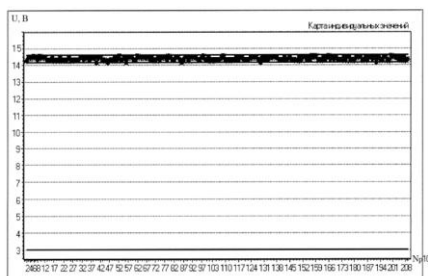
б)

| № п/п | Наименование | НК1 | ВК1 | Var | Доля отклонений в интервалах | Вид распределения | Группы |
|-------|----------------------|-------|-------|------|------------------------------|-------------------------------------|--------|
| 1 | Напряжение бортсети | 12,14 | 12,63 | 0,7% | 97,20% | Одномерное нормальное распределение | 1 |
| 2 | Генератор | 13,03 | 14,05 | 1,5% | 95,20% | Одномерное нормальное распределение | 1 |
| 3 | Ближний свет | 8,71 | 9,38 | 1,2% | 80,50% | Одномерное нормальное распределение | 1 |
| 4 | Дальний свет | 8,51 | 9,25 | 1,4% | 86,30% | Одномерное нормальное распределение | 1 |
| 5 | Противотуманные фары | 8,18 | 9,17 | 1,9% | 79,50% | Одномерное нормальное распределение | 1 |
| 6 | Прибор звуковой | 3,24 | 3,81 | 2,7% | 85,50% | Одномерное нормальное распределение | 1 |
| 7 | Габаритные огни | 3,28 | 3,86 | 2,7% | 73,50% | Одномерное нормальное распределение | 1 |
| 8 | Комбинация приборов | 3,26 | 3,88 | 2,9% | 74,00% | Одномерное нормальное распределение | 1 |
| 9 | Вентилятор отопителя | 3,09 | 3,69 | 2,9% | 87,00% | Одномерное нормальное распределение | 1 |
| 10 | Датчик скорости | 0,50 | 0,65 | 4,3% | 66,50% | Одномерное нормальное распределение | 1 |

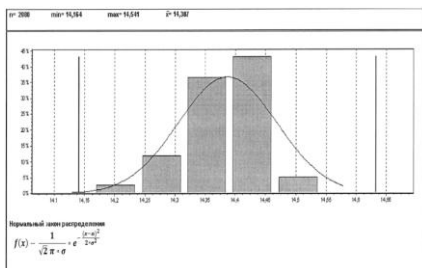
г)

Рисунок 12 – Таблицы с исходными данными по результатам тестирования электрокомпонентов (а) и с данными после преобразования в соответствии с предложенным алгоритмом (б, в, г)

В зависимости от группы предложенного классификатора, куда отнесено конкретное изделие, рассматриваются конкретные стратегии управления по обеспечению качества продукции.



а)



б)

Рисунок 13 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества при тестировании в режиме «Генератор»

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

Предложено решение важной научно-технической задачи, направленной на обеспечение качества производства автомобилей. В ходе решения поставленной задачи в диссертационной работе получены следующие основные научные и практические результаты:

1. Проведен научный обзор и исследование качества новых автомобилей на этапах жизненного цикла: производства и эксплуатации. Результаты исследования показывают, что электрокомпоненты бортового электротехнического комплекса составляют значительную долю (более 30 %) в общей статистике дефектности автомобилей в процессах производства и эксплуатации.

2. Проведен комплексный анализ и обобщение действующей нормативной документации, определяющей технические требования на электрокомпоненты, а также существующего производственного инструментария контроля качества на предмет их соответствия, системности, полноты и достаточности, с учетом достигнутого уровня научно-технического прогресса.

Выделен недостаток, связанный с неравномерностью и неравнозначностью применения инженерных инструментов управления качеством в производстве. В связи с этим выявлено, что актуальным предметом развития системы менеджмента качества автосборочного предприятия является необходимость развития методик и инструментария обеспечения статистически управляемых процессов в автосборочном производстве через создание методики, соответствующего стандарта, а также комплексных рекомендаций по развитию нормативных требований в части контроля и мониторинга качества электрокомпонентов.

Предложена модернизированная концепция методики и инструментария статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве, в которую интегрирован комплекс научно-практического инструментария массовой оценки качества электрокомпонентов в составе системы электрооборудования новых автомобилей в сборе, обеспечивающий трансформацию традиционной модели управления в цифровую.

Проекты соответствующих научно-технических решений представлены в диссертационной работе, в рамках работы предложен порядок статистического управления процессами, порядок взаимодействия подразделений автосборочного производства при осуществлении статистического управления процессами. Разработаны рекомендации по развитию нормативных требований к качеству электрокомпонентов в части разделов технических требований и технических условий, касающихся определения допустимой количественной вариации ключевых параметров качества электрокомпонентов при проведении массового контроля БЭК новых автомобилей в сборе. Все разработанные инструменты определяют механизм управления, основанный на командной работе.

3. Разработаны методика по выбору электрокомпонентов имеющих недостаточный уровень качества в производстве и эксплуатации автомобилей, а также соответствующие унифицированные ключевые параметры контроля, мониторинга и управления. Методика основана на последовательном, перекрестном анализе дефектности и затрат на устранение неисправностей электрооборудования на этапах производства и эксплуатации, с формированием соответствующего перечня электрокомпонентов. В ходе реализации методики установлено, что наиболее проблемными, с точки зрения качества, электрокомпонентами БЭК современных автомобилей являются: аккумуляторная батарея; лампы; генератор; прибор звуковой; электроусилитель рулевого управления; датчик скорости; датчик фаз; вентилятор системы охлаждения; модуль управления светотехникой; комбинация приборов; реле повторителя; электростеклоподъемник; отопитель салона; очиститель ветрового стекла; индивидуальная катушка зажигания; регулятор холостого хода; стартер. В качестве унифицированного ключевого параметра качества при массовом контроле электрокомпонентов в производстве предложено рассматривать установившееся индивидуальное значение вырабатываемого напряжения на клеммах аккумулятора,

генератора, соответствующее значение тока нагрузки для остальных компонентов, а в качестве параметров статистического мониторинга и управления – коэффициент вариации, стабильность средних значений, а также закон распределения ключевого параметра качества.

4. Разработаны методика, классификатор, алгоритм действий по определению обоснованных параметров массового статистического контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов, а также соответствующий программный расчетно-статистический комплекс инструментов, обеспечивающие реализацию массовой оценки качества электрокомпонентов в составе бортового электротехнического комплекса новых автомобилей в сборе на этапе производства. Для электрокомпонентов определены три группы классификации, определяемые численным значением коэффициента вариации и типу распределения ключевого параметра качества. Предложены статистически обоснованные границы приемлемого уровня качества электрокомпонентов при проведении массового контроля в производстве, рассчитаны коэффициенты вариации и спрогнозирована доля компонентов, попадающих в установленный границами интервал обеспечения качества.

Используя полученные результаты составлен прогноз по уровню дефектности электрокомпонентов в результате массового контроля по всей выделенной номенклатуре: аккумуляторная батарея – 2,8%; генератор – 4,8%; лампы (тесты «Ближний свет», «Дальний свет») – 33,2%; противотуманные фары - 20,5 %; прибор звуковой – 14,5%; электроусилитель рулевого управления – 8%; вентилятор системы охлаждения – 5,6%; электростартер – 8,7%; модуль управления светотехникой – 13,7%; очиститель ветрового стекла – 11,8%; микромоторедуктор отопителя 13,8%; датчик фаз 5,5%; регулятор холостого хода 6,1%; реле повторителя 6,3%; индивидуальная катушка зажигания – 6%; электростеклоподъемник 8,5%.

5. Предложенные научно-технические решения внедрены в устойчивую практику ПАО «КАМАЗ». Ежегодный экономический эффект (2021 г.) от внедрения предложенных решений составляет 2,7 млн. руб.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Перечень работ, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России

1. **Крицкий, А.В.** Цифровое производство: Качество должно быть прогнозируемым / В.Н. Козловский, Д.В. Айдаров, С.И. Клейменов, А.В. Крицкий // Стандарты и качество. – 2020. – №3. – С.73-77.
2. **Крицкий, А.В.** Разработка алгоритмов проектной и цифровой поддержки методики решения проблем в области качества продукции машиностроения. Часть 1 / Д.В. Айдаров, В.Н. Козловский, А.В. Крицкий, А.Д. Муталов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – т. 22 №1. – С.5-12.
3. **Крицкий, А.В.** Разработка алгоритмов проектной и цифровой поддержки методики решения проблем в области качества продукции машиностроения. Часть 2 / Д.В. Айдаров, В.Н. Козловский, А.В. Крицкий, А.Д. Муталов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – т. 22 №1. – С.14-23.
4. **Крицкий, А.В.** Практика решений проблем качества продукции, полученная с применением проектной деятельности на автосборочных предприятиях / В.Н. Козловский, Д.И. Благовещенский, А.В. Крицкий, У.В. Брачунова // Качество и жизнь. – 2020. – №3. – С.52-61.
5. **Крицкий, А.В.** Расчетно-статистический эксперимент по методу Монте-Карло как основа инструмента управления качеством транспортных электромеханических преобразователей / А.С. Саксонов, В.Н. Козловский, А.С., А.В. Крицкий // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2022. – Вып. 6. – С.286-292.
6. **Крицкий, А.В.** Рационализация рекламационной деятельности в автосборочном производстве / В.Н. Козловский, Д.И. Благовещенский, Р.Д. Фарисов, А.В. Крицкий // Стандарты и качество. – 2022. – №11. – С.70-76.

7. **Крицкий, А.В.** Модернизированная процедура решения проблем качества закупаемых автомобильных компонентов / Д.И. Благовещенский, В.Н. Козловский, Д.И. Панюков, А.В. Крицкий // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – Вып. 4. – С.363-368.
8. **Крицкий, А.В.** Исследование влияния изменения номинального напряжения бортовой сети на элементы автомобильной электроники / У.В. Брачунова, В.Н. Козловский, М.В. Шакурский, А.В. Крицкий // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2022. – Вып. 6. – С.293-297.

Публикации в изданиях, индексируемых в Scopus:

9. **Kritsky, A.** Electromagnetic compatibility of the on-board electrical complex as a key factor in ensuring the operational safety of vehicles / V.N. Kozlovsky, A.S. Podgorny, A.V. Kritsky, P.A. Nikolaev, M.A. Zhmaylo / IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 986 (2020) 012049 IOP Publishing doi: 10.1088/1757 – 899X/986/1/012049.
10. **Kritsky, A.** Experimental studies of a hybrid car and electric car interference immunity / V.N. Kozlovsky, A.S. Podgorny, A.V. Kritsky, P.A. Nikolaev, L. Shamina / E3S Web of Conferences 221, 01001 (2020) ESEI 2020, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022101001>
11. **Kritsky, A.** On-Board Intelligent Information System for Diagnosing Faults in the Ignition System of a Passenger Car / S.V. Petrovsky, V.N. Kozlovsky, A.V. Kritsky, A.G. Grishchenko, B.N. Sidorov // 2021 Intelligent Technologies and Electronic Devices in Vehicle and Road Transport Complex, P.6-10.

Публикации в иных изданиях:

12. **Крицкий, А.В.** Результаты анализа качества электрооборудования на этапе выходного производственного контроля новых автомобилей / В.Н. Козловский, С.И. Клейменов, А.В. Крицкий, У.В. Брачунова // Электроника и электрооборудование транспорта. НИИП «Томилинский электронный завод». – 2020. – №2. – С.43-47.
13. **Крицкий, А.В.** Исследование нарушений работоспособности электротехнических систем автотранспортных средств от внешних электромагнитных воздействий / П.А. Николаев, В.Н. Козловский, А.С. Подгорный, А.В. Крицкий, У.В. Брачунова // Электроника и электрооборудование транспорта. НИИП «Томилинский электронный завод». – 2020. – №5. – С.40-45.
14. **Крицкий, А.В.** Математическая имитационная модель оценки зарядного баланса автомобиля / П.А. Николаев, В.Н. Козловский, У.В. Брачунова, А.В. Крицкий, А.С. Саксонов // Грузовик. – 2021. – №7. – С.17-26.
15. **Крицкий, А.В.** Разработка математического аппарата для оценки влияния эллипсности статора на выходные характеристики автомобильной генераторной установки / А.С. Саксонов, А.В. Крицкий, В.Н. Козловский // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2021. – Вып. 6. – С.338-341.
16. **Крицкий, А.В.** Исследование помехоустойчивости к внешним электромагнитным воздействиям канала управления скоростью, CAN-шины и электронного реле указателей поворота современного легкового автомобиля / П.А. Николаев, В.Н. Козловский, А.С. Подгорный, А.В. Крицкий // Электроника и электрооборудование транспорта. НИИП «Томилинский электронный завод». – 2022. – №3. – С.44-48.