

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Самарский государственный технический университет»

На правах рукописи

КРИЦКИЙ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ

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

2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.

Организация производства

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Козловский Владимир Николаевич

Самара – 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОКОМПОНЕНТОВ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА.....	13
1.1 Значимость бортового электротехнического комплекса современного автомобиля.....	13
1.2 Исследование качества электрокомпонентов новых автомобилей в период эксплуатации.....	16
1.3 Анализ причин дефектов электрокомпонентов в период эксплуатации автомобилей.....	22
1.4 Выводы по главе.....	42
1.5 Цели и задачи диссертационной работы.....	42
2 ИССЛЕДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОКОМПОНЕНТОВ В ДЕЙСТВУЮЩЕМ АВТОСБОРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	44
2.1 Обобщенная оценка действующей системы контроля качества электрокомпонентов в автосборочном производстве.....	44
2.2 Вопросы формирования технических требований к качеству электрокомпонентов БЭК автомобилей.....	47
2.3 Система контроля качества электрокомпонентов в состоянии поставки. Входной контроль.....	66
2.4 Внутренний контроль качества в автосборочном производстве, как дополнительный компонент системы обеспечения качества электрокомпонентов .....	76
2.5 Инструменты контроля качества готовых автомобилей.....	79
2.6 Инструментарий периодического контроля качества электротехнических систем нового автомобиля.....	90
2.7 Инструменты контроля качества автомобилей по параметрам электромагнитной совместимости БЭК.....	95
2.8 Подконтрольные группы автомобилей и ресурсные испытания на надежность.....	97
2.9 Выводы по главе.....	107
3 МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ КОНЦЕПЦИЯ МЕТОДИКИ И ИНСТРУМЕНТАРИЯ СТАТИСТИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОКОМПОНЕНТОВ В АВТОСБОРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	109
3.1 Актуализация проблемы развития статистически управляемых процессов в автосборочном производстве.....	109
3.2 Разработка методики обеспечения статистически управляемых процессов в автосборочном производстве.....	112
3.3 Разработка проекта стандарта системы менеджмента качества автосборочного предприятия «Статистически управляемые процессы».....	116

3.4	Модернизированная концепция методики и инструментария статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве....	127
3.5	Выводы по главе.....	134
4.	<b>РАЗРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОКОМПОНЕНТОВ НОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В СБОРЕ В АВТОСБОРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....</b>	<b>136</b>
4.1	Организация производства работ по контролю качества электрокомпонентов в составе БЭК автомобилей. Аппаратное и программное обеспечение работы.....	136
4.2	Разработка и реализация статистических инструментов массового контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в составе БЭК автомобилей в сборе.....	140
4.3	Классификация электрокомпонентов по группам уровня вариации и распределения ключевого параметра качества. Обоснование и разработка статистических параметров контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в составе БЭК новых автомобилей в сборе в автосборочном производстве.....	149
4.4	Выводы по главе.....	168
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>170</b>
	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>174</b>
	<b>Приложение 1.....</b>	<b>187</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**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. Лapidус, В. В. Окрепилов, 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. Ключкова, В. Н. Клячкина, В. Н. Козловского, Д.В. Айдарова, Д. И. Паниокова, 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, отличающихся 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 работах [55, 56, 57] – участие в разработке алгоритмов и расчетно-статистических инструментов управления качеством, реализация исследований, обработка статистических данных с формированием результатов; в работ [59] – разработка практических рекомендаций при

реализации проектной деятельности в области повышения качества электрокомпонентов автомобилей; в работах [61, 62, 65, 66] – 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 [67] – разработка комплекса рекомендаций по реализации рекламационной деятельности по дефектным электрокомпонентам автомобилей; в работе [63] – разработка модернизированной процедуры решения проблем качества закупаемых автомобильных компонентов в части электрооборудования; в работах [60, 64, 104, 105] – разработка блока расчетно-статистической оценки влияния электромагнитных помех на качество функционирования электрокомпонентов автомобиля при проведении лабораторных испытаний и в эксплуатации; в работе [106] – разработка блоков мониторинга и управления качеством при организации интеллектуальной системы оценки качества работы системы зажигания автомобилей; в работе [58] – 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 опубликовано в изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки России, 3 работы опубликованы 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.

# 1. ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОКОМПОНЕНТОВ НА ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

## 1.1 Значимость бортового электротехнического комплекса современного автомобиля

Современный автомобиль представляет собой комплекс взаимосвязанных систем и элементов, в котором в последнее время просматривается устойчивая тенденция на доминирование бортового электротехнического комплекса (БЭК), включающего электротехнические и электронные компоненты (электрокомпоненты).

Развитие электрооборудования и электроники привело к созданию новых направлений в развитии автомобильного производства – электромобили, автомобили с комбинированными энергоустановками и автономные транспортные средства.

Проблема повышения качества автомобильных электрокомпонентов в условиях массового производства автотранспортных средств должна решаться с применением самых современных методов и подходов, включая инструменты теории вероятности и математической статистики с определением причинно-следственных связей, действующих для ключевых параметров качества электротехнических устройств, рассматриваемых как входные и выходные, с учетом цифровизации инструментов управления.

Несомненно и то, что фундаментом решения проблемы должны стать стандарт управления качеством ГОСТ Р ИСО 9000-2015 «Системы менеджмента качества», отраслевой стандарт IATF 16949 – международный стандарт системы менеджмента качества в автомобильной промышленности.

При решении проблемы обеспечения качества автомобильных электрокомпонентов необходимо исходить из ряда факторов:

1. Автомобиль, будучи инновационным высокотехнологичным наукоемким продуктом, в последние десятилетия активно насыщается элементами электроники, электромеханики, электротехники. То есть, насыщается компонентами, развитие конструкций которых напрямую связано с наиболее значительным ростом научно-технического прогресса по соответствующим отраслям техники;
2. Электрокомпоненты, как продукт электротехнической и электронной отрасли, более способны к интеграции, функциональной гибкости и, в отличие от прочих, наилучшим образом встраиваются в конструкции современных автомобилей, электромобилей (ЭМБ), автомобилей с комбинированной энергоустановкой (АКЭ), автономных транспортных объектов (АТО). Тем самым обеспечиваются улучшения в области функциональности, безопасности, комфорта и экологичности современных автотранспортных средств (АТС);
3. Сам по себе тренд создания электрического транспорта определяет приоритетность развития соответствующих электротехнологий, по сути иногда в ущерб другим, и этот аспект определяет доминирование в перспективе именно электротехнической и электронной отраслей в развитии автомобильной промышленности в будущем;
4. Физическая природа обеспечения функционирования автомобильных электрокомпонентов довольно сложная, здесь присутствуют и значительный блок электромеханических преобразователей; электрохимических источников тока; переключателей, электронных компонентов и контроллеров управления, электротехнических преобразователей и индуктивных катушек и т.д. Иными словами, физические принципы действия электрокомпонентов, различные в отличие от чисто механических, гидравлических, пневматических и прочих компонентов современного автомобиля, что создает некую сложность в обеспечении целостности подходов и методов контроля,

мониторинга и управления качества электрокомпонентов на этапах проектирования, производства жизненного цикла автомобиля, и эта проблема будет только нарастать. Еще больше повышается градус актуальности выделенной проблемы, если исходить из того, что автомобиль прежде всего продукт массовый и его производство осуществляется в условиях некоторой изменчивости;

5. В то же время, следует отметить, что научный процесс развития подходов и методов обеспечения качества автомобильных электрокомпонентов находится в определенном разрыве и отстает от науки и практики проектирования и создания новых образцов автомобильного электрооборудования и электроники. Этот аспект определяет необходимость опережающего развития инструментария обеспечения качества электрокомпонентов современных автомобилей при проектировании и производстве в рамках действующих систем менеджмента качества автосборочных предприятий;

6. Для решения выделенной проблемы требуется проведение всесторонней инвентаризации действующих инструментов обеспечения качества электрокомпонентов на этапах жизненного цикла автомобилей с определением узких мест, не охваченных системными инструментами обеспечения качества в рамках СМК, развитием новых инструментов обеспечения качества с применением передовых цифровых подходов.

Сказанное выше предопределяет актуальность решения группы задач, связанных с проведением комплексного статистического исследования уровня текущего качества электрокомпонентов на этапах жизненного цикла автомобиля с использованием применяемых в настоящее время автосборочными предприятиями инструментов контроля и мониторинга; научно-технического обзора по проблеме обеспечения качества автомобильных электрокомпонентов; выделению операций узких мест в производственной цепочке автосборочного

предприятия, не охваченных системными инструментами контроля и мониторинга качества электрокомпонентов; разработки модернизированной концепции обеспечения качества электрокомпонентов в автосборочном производстве; проектированием статистического инструмента контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов в автосборочном производстве.

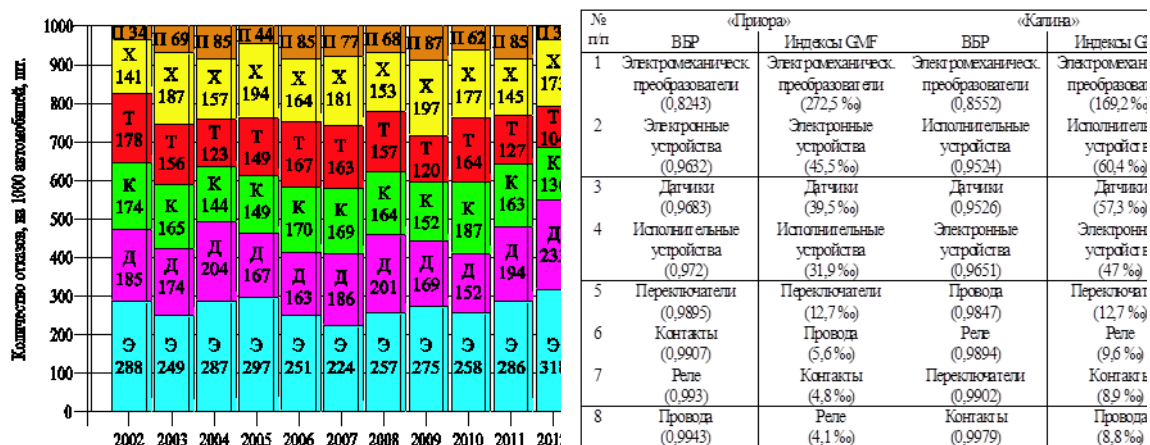
Для решения выделенных задач переходим к поэтапному рассмотрению наиболее важных вопросов, связанных с обеспечением качества автомобильных электрокомпонентов на этапах жизненного цикла.

## 1.2 Исследование качества электрокомпонентов новых автомобилей в период эксплуатации

Проблему обеспечения качества автомобильных электрокомпонентов в процессе производства автомобилей первично предлагается рассмотреть с точки зрения анализа уровня дефектности соответствующих элементов в эксплуатационный период, как наиболее объективный период для оценки качества продукции. Рассмотрим обозначенную проблему в ретроспективе с учетом результатов, полученных ранее в научно-технических работах. В качестве объекта исследования рассматриваются легковые автомобили одной из наиболее популярных марок отечественного производства, в разные годы выпуска.

В работе А.В. Заятрова [35, 36], представлены результаты достаточно глубокого статистического исследования качества и надежности электрооборудования автомобилей в эксплуатации, производства АВТОВАЗ, в период с 2002 по 2012гг. (рисунок 1.1).





а)

б)

Рисунок 1.1 – Динамика и структура отказов по функциональным системам автомобиля (системы электрооборудования автомобиля): Э – электрооборудование; Д – двигатель; К – кузов; Т – трансмиссия; Х – ходовая часть; П – прочее

Из анализа рисунка 1.1(а) видно, что система электрооборудования, в сравнении с другими системами автомобилей, имеет наиболее существенный количественный уровень дефектности, приведенный к 1000 новых автомобилей, изменяющийся от 288 в 2002г. до 318 в 2012г. В таблице, представленной на рисунке 1 (б), применительно к основным группам электрокомпонентов, показаны: показатель надежности (вероятность безотказной работы (ВБР)) по автомобилям в гарантийном парке; показатель GMF – приведенный уровень дефектности на 1000 автомобилей, по группе месяцев эксплуатации, для группы автомобилей с определенной датой выпуска и продажи.

Анализ данных рисунка 1.1 показывает, что для автомобилей Приора и Калина в период с 2002 по 2012гг. фиксировался значительный уровень дефектности, в порядке снижения показателей дефектности, по следующим группам электрокомпонентов: имеющим в конструкции электромеханический преобразователь; электронные компоненты; датчики; исполнительные устройства; переключатели; контакты; реле; провода.

Рассмотрим данные другого исследования [7], где представлены результаты обобщенной статистики дефектности новых автомобилей в период первых трех месяцев эксплуатации по основным системам в период с 2017 по 2018 г., для одной из наиболее популярной, а значит, и наиболее массовой модели легковых автомобилей отечественного производства (рисунок 1.2).

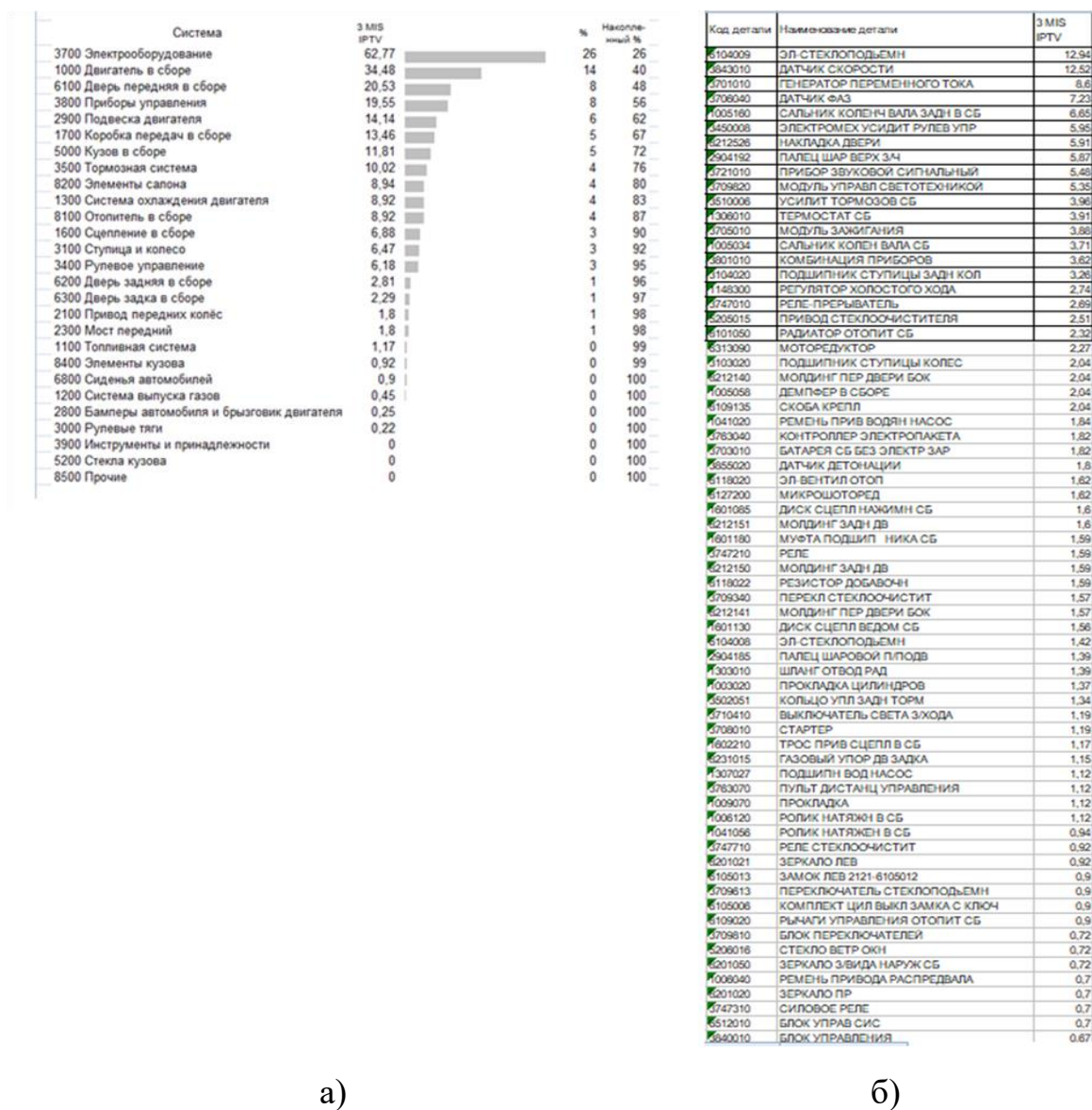


Рисунок 1.2 – Совокупный вклад подразделений автосборочного производства в общий уровень дефектности автомобилей по результатам трехмесячной эксплуатации

Анализ представленных на рисунке 1.2 (а) статистических данных показывает, что в период с 2017 по 2018 гг. система электрооборудования

по-прежнему является антилидером по уровню качества компонентов в период первых трех месяцев эксплуатации автомобилей (3 misIPTV). В структуре отказов (рисунок 1.2 б) доминируют электрокомпоненты, так из первых 20-ти позиций дефектов 11 позиций занимают электрокомпоненты, включающие электростеклоподъемник, датчик скорости, генератор, датчик фаз, электромеханический усилитель рулевого управления и т.д.

Результаты нашего исследования [58] подтверждают полученные ранее результаты. По уровню дефектности в период гарантийной эксплуатации, на первое место выходит система электрооборудования (рисунок 1.3), а по уровню затрат на устранение дефектов в эксплуатации – двигатель внутреннего сгорания (рисунок 1.4).

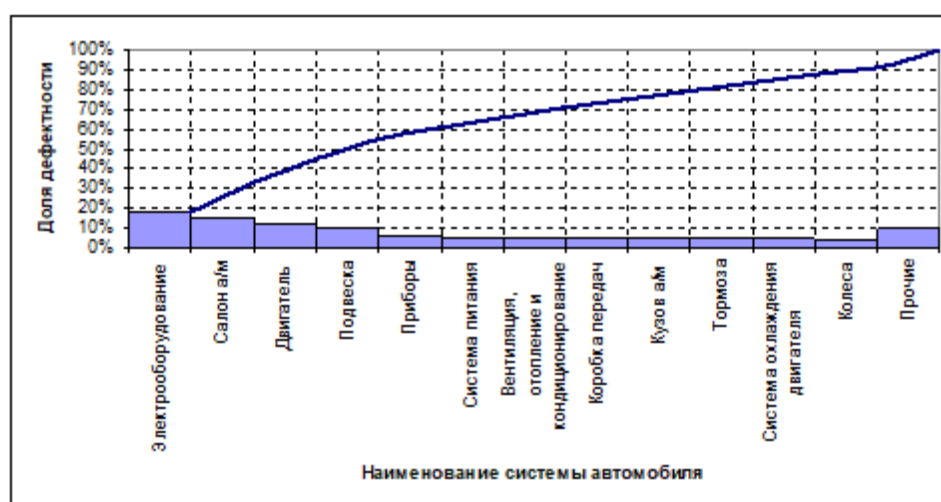


Рисунок 1.3 – Диаграммы дефектности в период гарантийной эксплуатации по основным системам популярной марки автомобилей

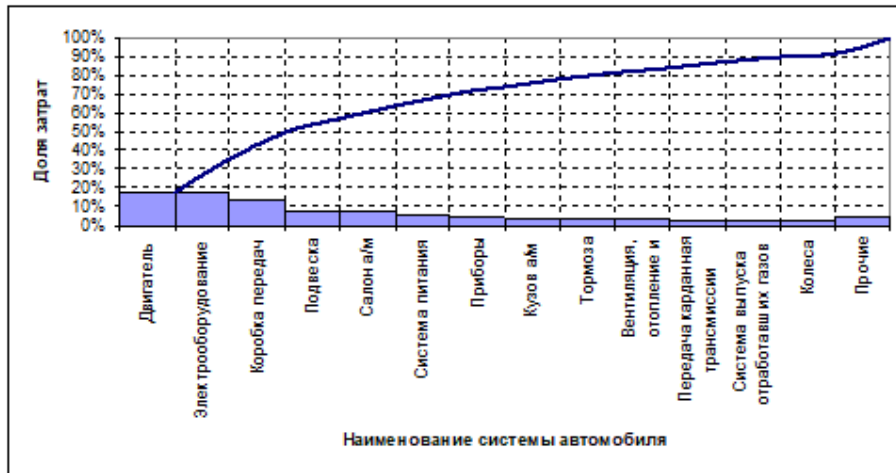


Рисунок 1.4 – Диаграммы затрат в период гарантийной эксплуатации по основным системам популярной марки автомобилей

При рассмотрении данных рисунков 1.3 и 1.4 в контексте анализа качества электрооборудования следует исходить из распределения электрокомпонентов по следующим основным системам автомобиля: собственно система электрооборудования; система питания (электробензонасос); приборы (комбинация приборов); кузов автомобиля (кузовная электроника); двигатель в сборе (система датчиков; генераторная установка, электростартер). Учет выделенной особенности обеспечивает формирование вывода о наиболее высокой значимости количественного уровня дефектности электрокомпонентов до 40%, а также затрат на устранение соответствующих дефектов также на уровне 40%.

И, наконец, на рисунке 1.5 представлены диаграммы изменения уровня дефектности по основным функциональным системам и системы электрооборудования для легковых автомобилей в период гарантийной эксплуатации, произведенных в период с 2017 по 2020гг., по данным исследования А.С. Саксонова [81].

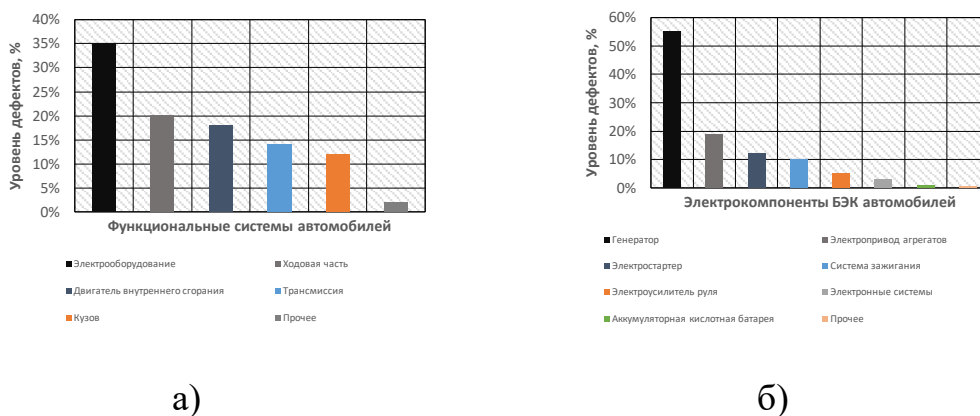


Рисунок 1.5 – Распределение дефектов по функциональным системам и системе электрооборудования легковых автомобилей в период с 2017 по 2020 гг.

Полученные данные [81] показывают, что по-прежнему наиболее значительный уровень дефектности в эксплуатации фиксируется по БЭК и соответствующим электрокомпонентам.

Таким образом, проведенное исследование показывает, что в период с 2002 по 2020 гг. в структуре дефектов легковых автомобилей в период гарантийной эксплуатации наиболее значимой системой по уровню дефектности по-прежнему остается система электрооборудования. Есть смысл еще раз подчеркнуть, что именно система электрооборудования в последние десятилетия активно насыщается новыми электротехническими и электронными компонентами. Она становится доминирующей системой в конструкции современного автомобиля.

Как показано, наиболее дефектоносной системой современных автомобилей является система электрооборудования (бортовой электротехнический комплекс).

Переходим к проведению исследования основных причин дефектов автомобильных электрокомпонентов.

### 1.3 Анализ причин дефектов электрокомпонентов в период эксплуатации автомобилей

Автомобильные электрокомпоненты представляют собой сложные технические устройства, в состав которых, в свою очередь, может входить ряд комплектующих изделий (элементов). Одной из основных причин, связанных со значительным уровнем дефектности электрокомпонентов, как раз и является их функциональная сложность, которую легко пояснить с помощью закона последовательного функционального соединения элементов из теории надежности. Сам по себе сложный электрокомпонент состоит из нескольких функционально последовательно соединенных, без резервирования, элементов. Выход из строя любого из элементов вызывает отказ электрокомпонента в целом.

При исследовании качества автомобилей применяем количественные индексы, определяющие качество электрокомпонентов в виде абсолютного показателя числа дефектов (шт.) за определенный период эксплуатации (год) и относительный показатель уровня дефектности –  $3 \text{ misIPTV}$  (приведенный к 1000 автомобилей количественный уровень дефектности по первым трем месяцам эксплуатации) [92].

Основываясь на результатах реализованного комплексного статистического исследования качества электрокомпонентов в период гарантийной эксплуатации автомобилей, проведем детализированный анализ основных причин дефектов. И здесь в качестве периодов анализа качества автомобилей в эксплуатации будут рассматриваться 2017 – 2020гг. (рисунок 1.6). Обоснованием периодов анализа является ряд важных факторов, включающих: устойчивость производственного плана изготовления новых автомобилей в эти временные периоды; достаточность времени для проведения возможно глубокого анализа причин дефектности как при первичном описании дефекта, так и при



возможное отклонение геометрических параметров дверной панели. Конечно же, существенное влияние на качество работы рассматриваемого электрокомпонента оказывают частицы пыли и грязи, забивающие резиновые уплотнители в процессе эксплуатации автомобиля.

Проблема обеспечения качества электростеклоподъемника не является уникальной и свойственной только отечественным автопроизводителям (таблица 1.1). Схожие проблемы фиксируются на автомобилях иностранного производства. Как показано, значительное влияние на качество рассматриваемого электрокомпонента оказывают комплексы из внешних (эксплуатационных) и внутренних (конструкторских и производственных) факторов.

При всем этом наука и практика показывают, что значительное влияние на качество работы электростеклоподъемника оказывают показатели, определяющие стабильность процесса производства. Изменения даже в установленных технических условиях (ТУ) границах параметров, определяющих размерные группы электромеханического преобразователя и моторредуктора, приводят к существенным изменениям электромеханических характеристик устройства [В.Н. Козловский], что в процессе эксплуатации значительно влияет на интенсивность отказов.

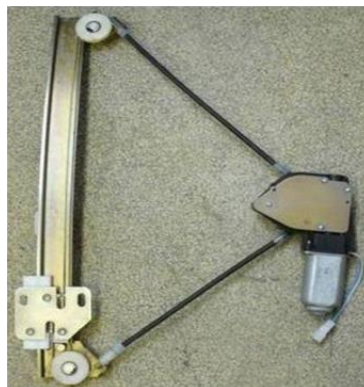


Рисунок 1.7 – Конструкция электростеклоподъемника



Таблица 1.1 Основные дефекты электростеклоподъемника

Дефектность 3 misIPTV	Количество дефектов за 2018г, шт.	Основные дефекты	Возможные меры
14,3	6670	1. Шум 2. Стук 3. Заедание	Введение поставщиком дополнительных мероприятий по усилению контроля

Обобщенный анализ причин дефектов конструкции электростеклоподъемника представлен на рисунке 1.8.



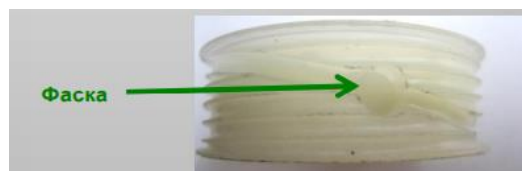
а) Саморазбор (спадание троса с роликов) по причине вытяжки троса в эксплуатации



б) Увеличение диаметра отбортовки на барабане



в) Заклинивание червячно-колёсной пары моторредуктора, локальный износ-деформация зубчатого колеса



г) Шум при работе (скрип троса)



д) Излом ручьёв корпуса редуктора в местах упора оболочек троса (при монтаже – демонтаже изделия в дверь)



ж) Залипание щеток в обоймах щеткодержателя



е) Разрыв ползуна



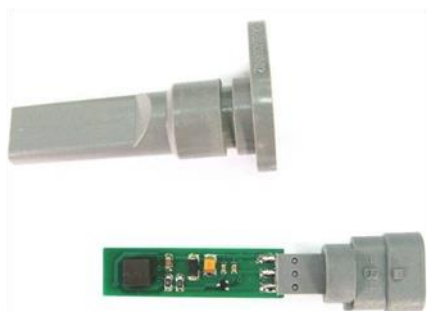
з) Возможность схода троса вследствие завышенного зазора между «усиком» кронштейна и роликом при отработке прогиба ветвей в крайних положениях упора стекла

Рисунок 1.8 – Основные причины дефектности электростеклоподъемников

Датчик скорости (рисунок 1.9, таблица 1.2). Для отечественных предприятий автомобильной промышленности в определенной степени испытанием стал переход от механического датчика скорости тросикового типа к электронному. Механический датчик, в силу специфики конструкции, а также по месту установки на коробке переключения передач, не обладал требуемыми характеристиками качества (бездефектности). Переход на электронную конструкцию также осложняется высоким уровнем дефектности в эксплуатации.

Анализ причин дефектов электронного датчика скорости совместно с научными результатами исследования проблемы электромагнитной совместимости [60, 64, 72, 79, 80, 104, 105], позволяет сделать вывод о многофакторном влиянии процесса производства компонента на его

выходные электротехнические характеристики. Иными словами, стабильность производственного процесса в данном случае является одним из ключевых факторов, определяющих качество готового электрокомпонента.



а)

Дефект. Отсутствие выходного сигнала.

Причины:

Основная причина: недостаточная защита к внешним электромагнитным помехам и коротким замыканиям

б)

Рисунок 1.9 – Конструкция и причины дефектности электронного датчика скорости

Таблица 1.2 – Основные дефекты электронного датчика скорости

Дефектность 3 misIPTV	Количество дефектов в 2018г.	Основные дефекты	Возможные меры
12,5	1560	Отсутствие выходного сигнала	1. Изменение электрической схемы с защитой к внешним помехам и коротким замыканиям 2. Внедрение автоматизированных линий поверхностного монтажа элементов

Генератор переменного тока (рисунок 1.10 а), представляет собой сложный электрокомпонент, состоящий из электромеханического преобразователя, выпрямителя, электронного регулятора напряжения, щеточно-коллекторного узла. На рисунке 1.10 б, представлено распределение генераторов по объемам поставок от поставщиков, а также представлена гистограмма распределения уровня дефектности в эксплуатации по поставщикам по показателю 3 misIPTV.

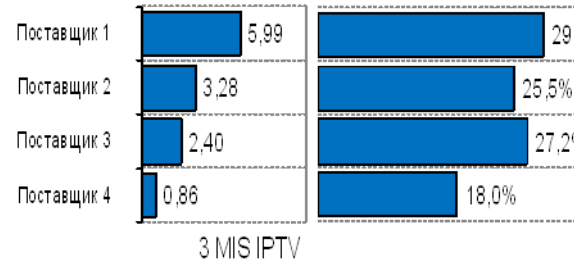
Функциональная и конструктивная сложность генератора определяет достаточно широкое разнообразие причин дефектности (рисунок 1.10 в).



а)

Распределение дефектов по поставщикам 3 MIS IPTV

Доля поставок генератора



б)

Основные виды дефектов генераторов



в)

Рисунок 1.10 – Анализ причин дефектов автомобильных генераторов

На рисунке 1.10 в представлена модифицированная диаграмма Парето, на которой выделены основные причины дефектов в эксплуатации наиболее широко распространенной в автомобилестроении конструкции трехфазного генератора переменного тока с клювообразным ротором, а в таблице 1.3 предложено обобщение позиций дефектов рассматриваемой конструкции автомобильного генератора с анализом коренных причин и возможных мероприятий по устранению дефектов.

Таблица 1.3 – Анализ дефектов автомобильного генератора в разрезе коренных причин и мероприятий по устранению.

Описание дефекта	Причина дефекта	Коренная причина возникновения дефекта	Мероприятие
1	2	3	4
Занижено, завышено напряжение генератора, отсутствует ток отдачи	Отказ регулятора напряжения	Проблемы качества электронных компонентов	Применение регуляторов напряжения другой конструкции
	Некачественная обработка контактных колец ротора	Технология и оборудование не обеспечивают необходимую точность и шероховатость	Изменение техпроцесса. Запуск в производство нового оборудования для совместной обработки ротора и контактных колец.
	Дефект выпрямительного блока	Проблемы качества монтажа электронных компонентов	Применение выпрямительных блоков импортного производства
	Смещение блока контактных колец	Не выдержана глубина проточки в крышках под статор диаметр 125	Необходимо ввести мех обработку под крепление щеточного узла
Шум генератора	Перекаты подшипников из-за сдавливания и перекоса наружной обоймы при зачеканке в передней крышке	Неравномерное по усилиям и сегментное сдавливание подшипника, завышено усилие зачеканки	Переход на новую конструкцию крышки с измененной фиксацией подшипников

Более глубокий анализ проблемы качества автомобильного генератора показывает, что системы выходного контроля поставщиков, а также входного контроля автопроизводителя, не фиксируют часть дефектов по причине применения в контрольных стендах ламп

накаливания, в то время как, например, комбинация приборов выпускаемых автомобилей уже содержит светодиодные компоненты.

Так же как и в случае с конструкцией электростеклоподъемника, при рассмотрении проблемы обеспечения качества автомобильного генератора следует выделить аспекты, касающиеся многофакторности влияния производства на выходные электротехнические и электромеханические характеристики [35, 47, 48, 79, 83, 84].

Датчик фаз газораспределения (рисунок 1.11). На рисунке 1.11 б, представлены основные дефекты рассматриваемого электрокомпонента.



а)

#### Описание дефектов

Прерывистый сигнал с датчика фаз.

Отсутствует сигнал.

Фазы газораспределения не совпадают с тактами сжатия /впуска цилиндропоршневой группы.

б)

Рисунок 1.11 – Внешний вид и основные проблемы качества датчика фаз газораспределения

На рисунке 1.12, в качестве важного примера представлены диаграммы распределения показателя дефектности  $misIPTV$  датчика фаз, из анализа которых следует, что в период с 06.2019 по 02.2020 наблюдается резкий скачок уровня дефектности до 2,25 (3  $misIPTV$ ) дефектов на 1000 новых автомобилей в первые три месяца эксплуатации. Очевидно, что в этот период, в отсутствие конструктивных изменений и требований ТУ, возникли производственные проблемы, приведшие к высокой нестабильности показателей качества рассматриваемого компонента.

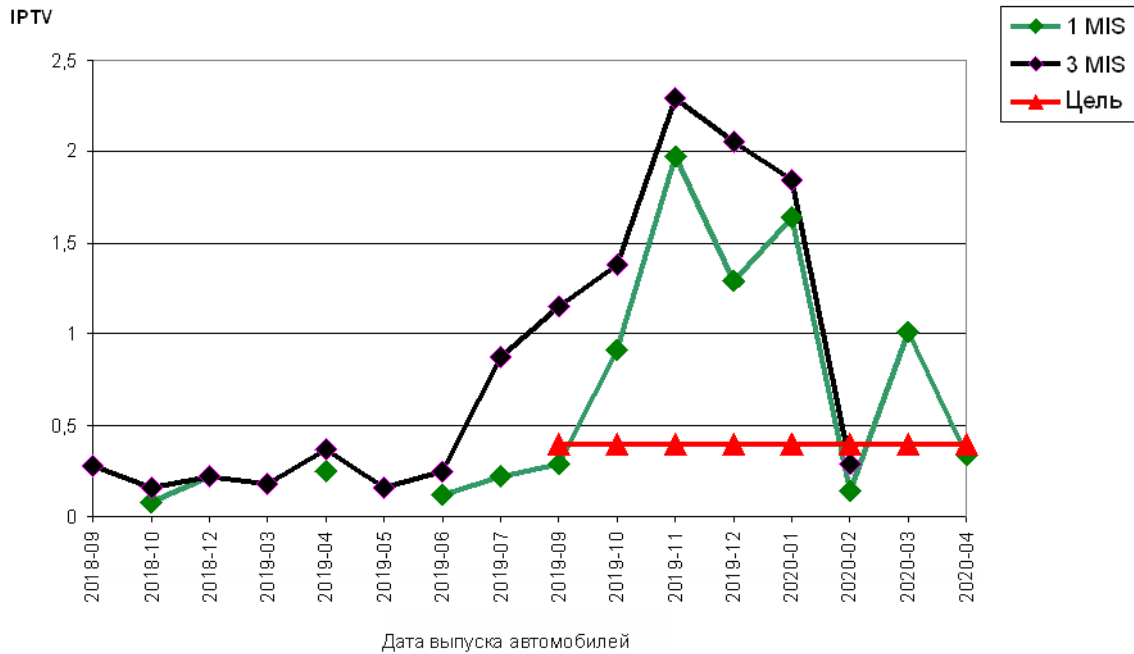


Рисунок 1.12 – Диаграмма распределения уровня дефектности по датчику фаз, в эксплуатации автомобилей по показателям misIPTV

Электромеханический усилитель рулевого управления (рисунок 1.13). Проблема качества электромеханического усилителя рулевого управления автомобиля в эксплуатации достаточно хорошо известна и изучена. Основные дефекты усилителя рулевого управления (представленные в таблице 1.4) наглядно свидетельствуют о конструктивной и функциональной сложности рассматриваемого автомобильного электрокомпонента. Также, как и в случаях электростеклоподъемника и генераторной установки, при рассмотрении электромеханического усилителя рулевого управления следует исходить из высокого уровня значимости влияния стабильности качества производства на стабильность качества его электротехнических и электромеханических характеристик [47, 48].



Рисунок 1.13 – Внешний вид электромеханического усилителя рулевого управления

Таблица 1.4 – Основные дефекты электромеханического усилителя рулевого управления

Дефектность 3 mis IPTV	Количество дефектов за 2019 г., шт.	Основные дефекты	Возможные меры
5,9	6180	1 Отказ датчика момента 2 Отказ блока управления 3 Шум, стук	Замена датчика момента

Звуковой сигнал. На рисунке 1.13 представлены основные результаты анализа причин дефектности звуковых сигналов в период эксплуатации новых автомобилей. Как показано, дефектность напрямую связана с попаданием влаги в элементы конструкции. Признанной причиной высокого уровня дефектности в эксплуатации по позиции звукового сигнала, является конструкторская недоработка, связанная с неудачным выбором места установки компонента в подкапотном пространстве автомобиля.



В результате анализа звуковых сигналов снятых в гарантийный период эксплуатации выявлены следующие причины отказов.

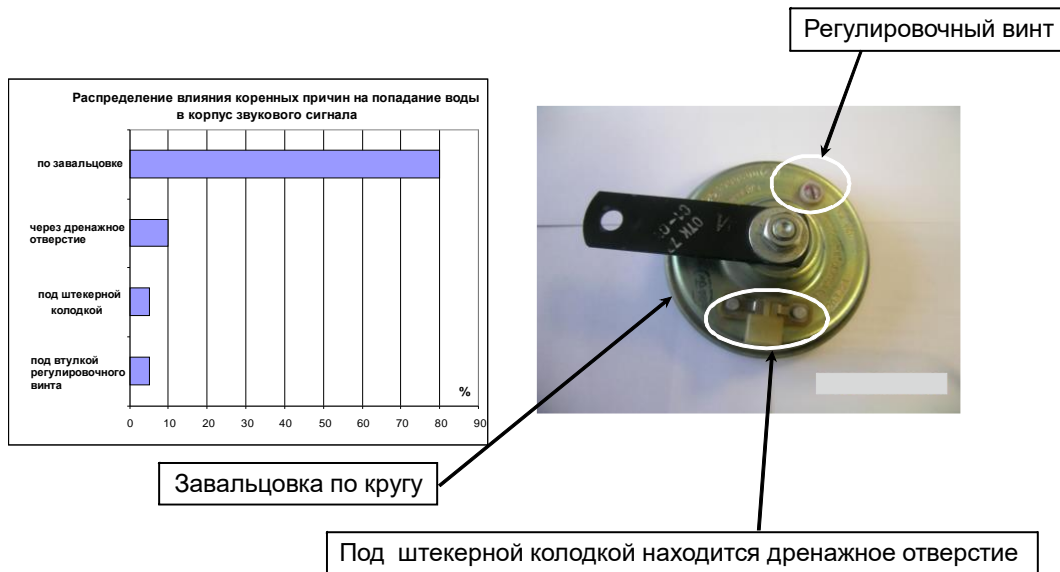


Рисунок 1.14 – Анализ причин дефектности звукового сигнала в период эксплуатации автомобиля

Индивидуальная катушка зажигания (рисунок 1.14 а). На рисунке 1.14 б выделены основные последствия возникновения дефектов индивидуальной катушки зажигания, устанавливаемой на рассматриваемой марке легковых автомобилей. На рисунке 1.14 в, выделены основные причины дефектности электрокомпонента в эксплуатации. Также, как для ранее выделенной группы компонентов, включающей электростеклоподъемник, генераторную установку, электромеханический усилитель рулевого управления, для модуля зажигания или индивидуальной катушки зажигания следует выделить аспект существенного многофакторного влияния стабильности производственного процесса на стабильность выходных электротехнических характеристик рассматриваемого компонента [82].

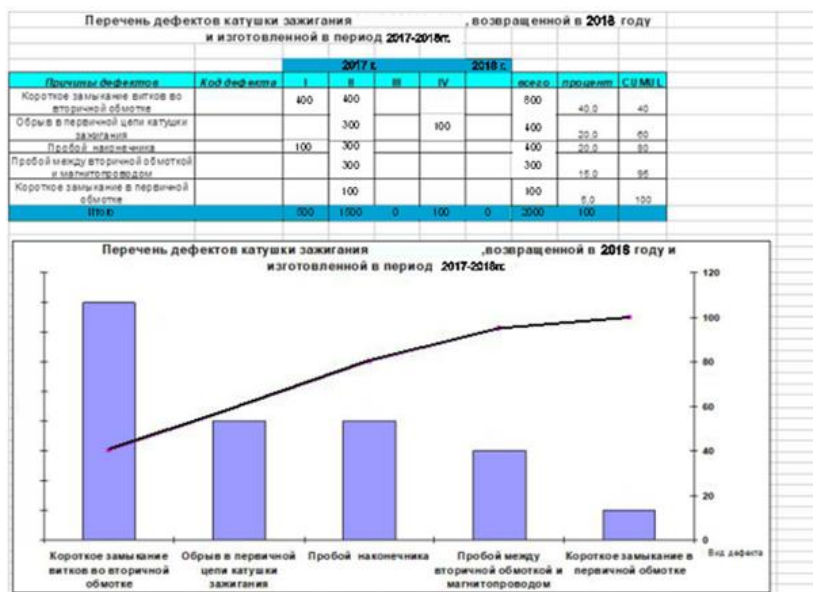


### Последствия дефектов индивидуальной катушки зажигания

1. Снижение вторичного напряжения катушки зажигания
2. Межвитковое замыкание в высоковольтной обмотке вследствие нарушения межобмоточной и межсекционной изоляции
3. Отслоение и растрескивание компаунда
4. Внутренние напряжения, вызываемые химической усадкой компаунда CW2202/HY2203 при его отверждении (полимеризации)
5. Несовершенство режимов полимеризации компаунда при изготовлении катушек зажигания, применяемого оборудования и оснастки

а)

б)



в)

Рисунок 1.14 – Анализ причин дефектов индивидуальных катушек зажигания

Комбинация приборов (рисунок 1.15). Комбинация приборов современных автомобилей представляет собой сложный узел, состоящий из целой группы электрокомпонентов, включающих соединительные провода, электронные платы разводки, приборы индикации

электромеханического или цифрового принципа действия, а также бортовой компьютер с жидкокристаллическим экраном индикации параметров. Сложность конструкции комбинации приборов предопределяет зависимость качества его работы от многофакторных вопросов обеспечения качества отдельных компонентов и сборочных операций в производстве [40, 41, 42].



а)

Дефект

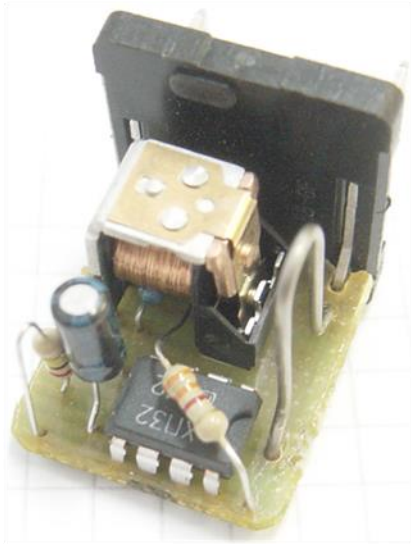
Нет изображения на жидкокристаллическом экране.  
 Не работает подсветка комбинации приборов.  
 Некорректная работа стрелочных указателей.

б)

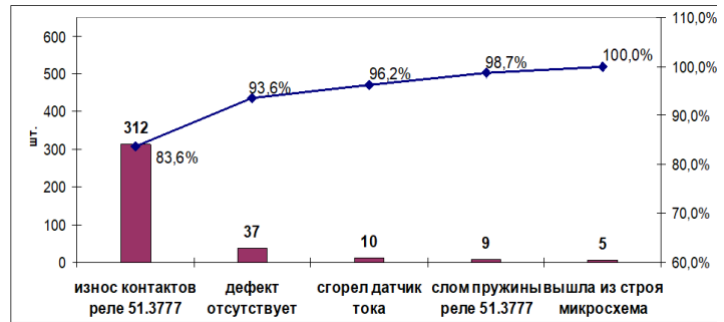
Рисунок 1.15 – Общий вид и описание дефектов автомобильной комбинации приборов

Уровень дефектности электрокомпонента в первые три месяца эксплуатации автомобиля определяется в 3,6 misIPTV. Описание основных дефектов представлено на рисунке 1.15 б.

Реле прерыватель указателя поворота (рисунок 1.16). Конструкция реле прерывателя (рисунок 1.16 а) достаточно сложная, что определяет достаточно широкую номенклатуру причин отказов, представленную в виде диаграммы Парето на рисунке 1.16 б. При анализе диаграммы (рисунок 1.16 б), следует исходить из того, что все изделия (500 шт.), которые участвовали в анализе причин выхода из строя, – это возвращенные из эксплуатации компоненты, с которыми проводились углубленные лабораторные исследования на предмет выявления причин дефектов.



а)



б)

Рисунок 1.16 – Конструкция и основные причины дефектов реле прерывателя указателя поворота

В дополнение к приведенным выше данным по реле прерывателю на рисунке 1.17 представлены данные по причинам отказов также нашедшего широкое применение в конструкции легковых автомобилей электромагнитного реле 3747210, которое, наряду со всеми рассматриваемыми электрокомпонентами, присутствует на рисунке 1.2 в ранжированном перечне ТОП дефектов. Анализ представленных на рисунке 1.17 данных показывает, что основными причинами дефектов электромагнитного реле являются износ и залипание контактов, а также обрыв провода катушки. На рисунке 1.17 г, представлено распределение уровня дефектности рассматриваемого электромагнитного реле по местам монтажа в функциональные системы автомобиля.

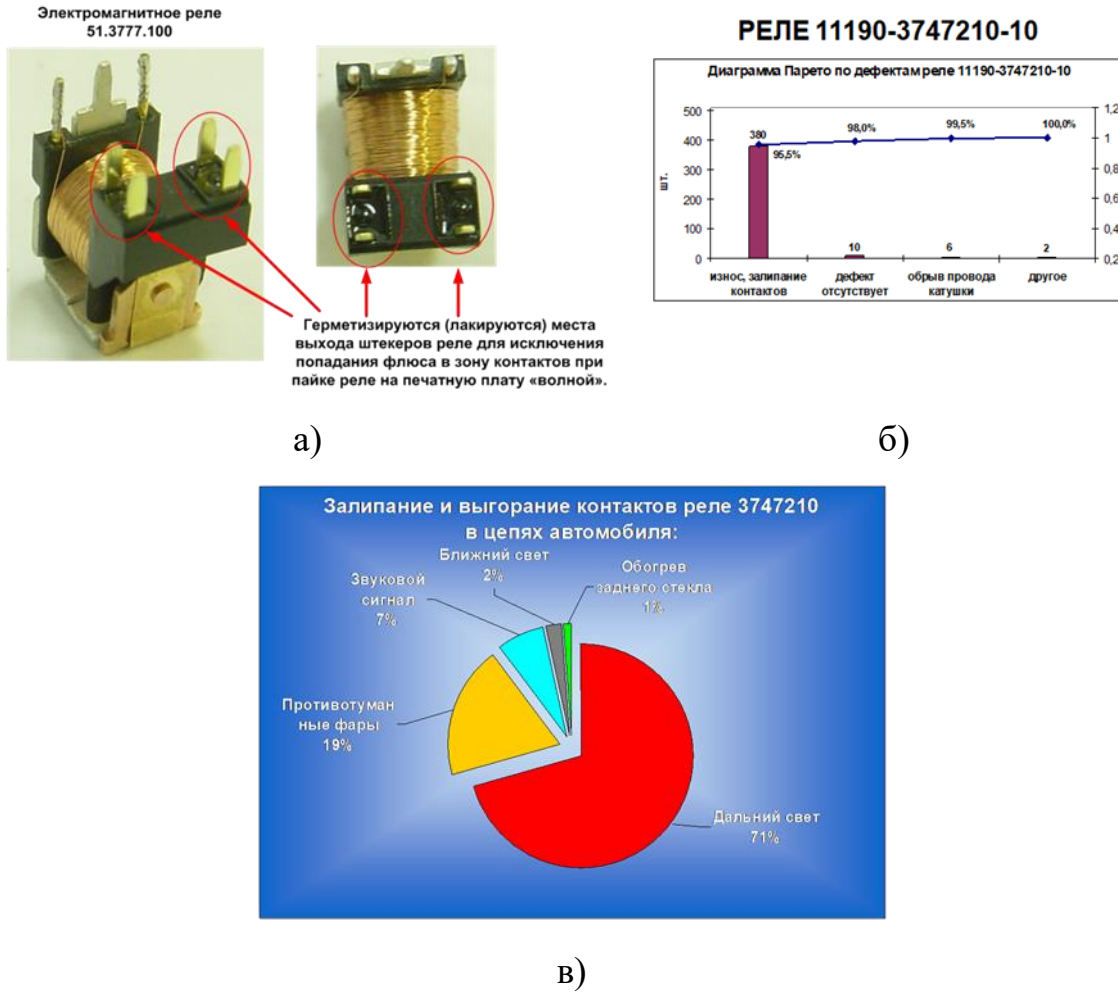


Рисунок 1.17 – Конструкция и основные дефекты электромагнитного реле

Электростеклоочиститель (рисунок 1.18). Рассматриваемый компонент по степени конструктивной и функциональной сложности можно выделить в ту же группу электрокомпонентов, в которую вошли генератор, электромеханический усилитель рулевого управления, электростеклоподъемник, так как в состав устройства входят электромеханический преобразователь, а также редуктор и система механических рычагов. Также, как было указано выше, существенное значение на качество работы электростеклоподъемника оказывает стабильность качества процесса производства. В таблице 1.5 выделены основные дефекты электростеклоподъемника в эксплуатации, а также представлены количественные индексы дефектности в эксплуатации рассматриваемого компонента.

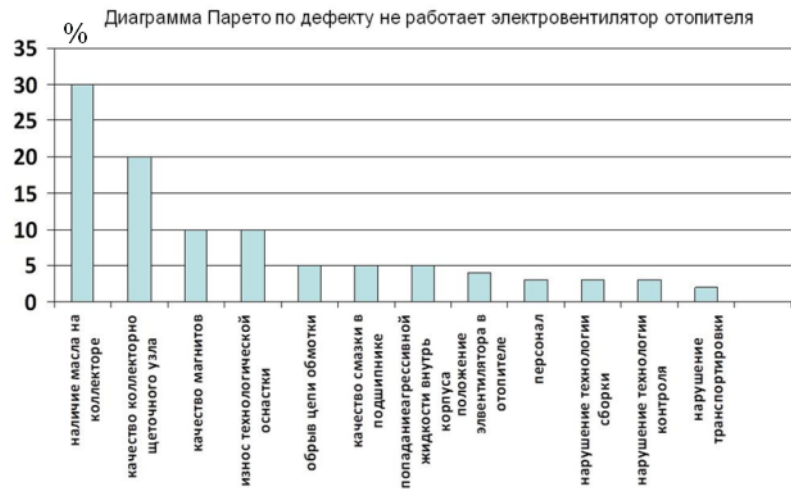


Рисунок 1.18 – Внешний вид электростеклоочистителя

Таблица 1.5 – Основные дефекты электростеклоочистителя

Дефектность 3 misIPTV	Количество дефектов за 2018г, шт.	Основные дефекты	Возможные меры
2,5	4005	1. Не работает 2. Заклинивание Посторонний шум при работе 3. Негерметичность моторедуктора	1 Отработка технологии изготовления червячной передачи, внедрение технологий качественного нанесения защитных покрытий

Электровентилятор отопителя (рисунок 1.19 а). Электровентилятор отопителя входит в ТОП-перечень компонентов по уровню дефектности в эксплуатации. На рисунке 1.19 б представлена диаграмма Парето с ранжированным основных причин дефектов рассматриваемого электрокомпонента. Рассматриваемый автомобильный компонент, следует выделить в группу электрокомпонентов, имеющих в составе электромеханический преобразователь, стабильность и качества электротехнических и электромеханических характеристик которого в значительной степени определяется стабильностью качества производства.



а)

б)

Рисунок 1.19 – Конструкция и основные причины дефектов электровентилятора отопителя

Электростартер (рисунок 1.20) – сложное техническое устройство, имеющее в составе электромеханический преобразователь, электромагнитное реле включения, а также редуктор. Рассматриваемый компонент входит в ТОП дефектов в эксплуатации легковых автомобилей.



Рисунок 1.20 – Внешний вид электростартера легкового автомобиля

В таблице 1.6 представлены количественные показатели, отражающие уровень дефектности автомобильных электростартеров, а также основные дефекты и возможные, меры направленные на повышение качества рассматриваемого электрокомпонента.

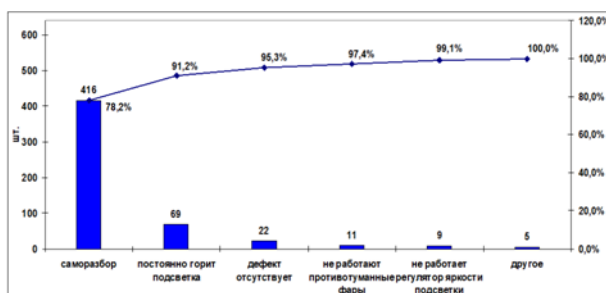
Таблица 1.6 – Количественные индексы качества и причины выхода из строя электростартеров

Дефектность 3 misIPTV	Количество дефектов в 2018г.	Основные дефекты	Возможные меры
1,1	3300	1. Шум 2. Не работает	1 Механическое крепление магнитов, комплектование приводами и реле импортного производства 2. Внедрение в производство стартера новой конструкции (редукторного типа)

Модуль управления светотехникой (рисунок 1.21 а) является одним из компонентов с достаточно высоким уровнем дефектности в эксплуатации. Основные дефекты модуля представлены на диаграмме Парето (рисунок 1.21 б).



а)



б)

Рисунок 1.21 – Внешний вид и основные дефекты модуля управления светотехникой

Значительным уровнем дефектности обладают и так называемые расходные компоненты, такие как лампы накаливания, лампы задних фонарей (рисунок 1.22).





Рисунок 1.22 – Внешний вид лампы накаливания, используемой в легковом автомобиле

Количественные индексы, отражающие уровень дефектности по лампам накаливания, представлены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Уровень дефектности ламп накаливания в первые три месяца эксплуатации новых автомобилей, общее количество дефектов, а также возможные меры по повышению контроля качества компонента на предприятиях поставщиков.

Дефектность 3 mis IPTV	Количество дефектов за 2018г , шт.	Основные дефекты	Возможные меры
7,5	5679	Перегорание	1. Введение поставщиком 100% контроля ламп.

На рисунке 1.23 представлен внешний вид и описание основного дефекта автомобильного предохранителя.



Время перегорания предохранителя при  $I_n$  1,35 А, более 3600 с.

При требовании не более 2500 с.

Установить допуск +0,04 мм на отклонение толщины ленты от определенного при настройке

Рисунок 1.23 – Внешний вид и описание основного дефекта автомобильного предохранителя

Таким образом, проведен комплексный статистический анализ проблемы обеспечения качества автомобильных электрокомпонентов в период эксплуатации новых автомобилей. Выделены основные причины выхода из строя компонентов БЭК новых автомобилей.

#### 1.4 Выводы по главе

1. Система электрооборудования (бортовой электротехнический комплекс) современного автомобиля является наиболее важной, активно развивающейся системой, обеспечивающей безопасность, комфорт, функциональность и экологичность автотранспортного средства.
2. Результаты исследования качества системы электрооборудования автомобилей в эксплуатации показывают, что электрокомпоненты составляют значительную группу компонентов, имеющих наибольшую дефектность (до 30%) в период гарантийной эксплуатации новых автомобилей.
3. Причины недостаточного уровня качества электрокомпонентов весьма разнообразны и зачастую связаны с их функциональной сложностью, при этом результаты научно-технического анализа показывают, что к значимой причине дефектности относится изменчивость (вариабельность).

#### 1.5 Цель и задачи диссертационной работы

Полученные результаты можно транслировать в цель и основные задачи диссертационного исследования.

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.

## 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОКОМПОНЕНТОВ В ДЕЙСТВУЮЩЕМ АВТОСБОРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

### 2.1 Обобщенная оценка действующей системы контроля качества электрокомпонентов в автосборочном производстве

Современное автосборочное производство постоянно усложняется за счет внедрения прогрессивных инструментов и технологий, в том числе реализующих функции информатизации и цифровизации. К сожалению, рассматривая насыщение современным инструментарием процессов контроля качества, можно прийти к выводу о ее крайней недостаточности. Если в производственный процесс встраиваются инструменты и датчики, обеспечивающие повышение эффективности управления качеством продукции, то в системе входного контроля качества компонентов, как правило, такие изменения носят не столь значимый характер. И у этой проблемы есть три особенности. Первая заключается в том, что многие автопроизводители, особенно лидеры отрасли, последовательно избавляются от системы входного контроля, переводя ее в статус контроля выходного на предприятиях- поставщиках. Однако наши реалии таковы, что для отечественной машиностроительной отрасли система входного контроля качества по-прежнему является важным и неотъемлемым инструментом, гарантирующим качество продукции, также важна и система выходного контроля качества продукции на предприятиях поставщиках. Другая особенность заключается в том, что, в силу своей ресурсной ограниченности, в условиях массового производства система входного контроля не способна охватить значимый объем поступающих комплектующих изделий. Необходимо разрабатывать статистические планы приемочного контроля, планы периодического контроля и испытания качества поступающей компонентной продукции. Ну и наконец, третья

особенность, чисто специфическая, касается электрокомпонентов. Научное и экспертное сообщество в последние десятилетия определило проблему взаимодействия элементов системы электрооборудования в составе автомобиля как одну из наиболее значимых в обеспечении эксплуатационных характеристик современных автотранспортных средств (АТС). Дело в том, что каждый из электрокомпонентов в условиях массовости производства обладает некой индивидуальностью, в силу изменчивости и вариабельности соответствующих производственных процессов на предприятиях поставщиках, где их производят. Эта вариабельность, в свою очередь, отражается на стабильности (изменчивости) электротехнических характеристик собственно компонентов и в процессе их совместной работы. Оценить такое влияние в настоящее время не представляется возможным. Оно многофакторное. Фактически только сейчас начинает формироваться соответствующее научное и прикладное направление, значимость которого будет возрастать пропорционально насыщению и росту значимости электротехнических и электронных компонентов в составе современных автомобилей. Однако о некоторых связках можно уже говорить вполне определенно, это например, влияние стабильности технических характеристик системы энергоснабжения на стабильность характеристик потребителей [47, 48, 51]. Здесь основным источником энергоснабжения бортового электротехнического комплекса является генераторная установка, задачей которой является стабильное энергообеспечение потребителей и заряд аккумуляторной батареи при работающем двигателе внутреннего сгорания (ДВС). Проследить непосредственно, как изменчивость электротехнических характеристик генераторной установки влияет на качество работы потребителей, даже в условиях соответствия основных параметров и характеристик требованиям технических условий (ТУ), – сложная задача, решение которой в настоящее время возможно косвенными методами, например,

в косвенной оценке влияния, которую можно получить путем анализа дефектности электротехнического комплекса в процессе эксплуатации автомобилей, выстраивая причинно-следственные цепочки: дефекты электрооборудования до отказа генераторной установки; отказы генераторной установки; дефекты электрооборудования после ремонта или замены генераторной установки.

Таким образом, вырисовывается первичный алгоритм работы во второй главе диссертации. Необходимо провести последовательное и детализированное исследование действующих инструментов контроля мониторинга и управления качеством электрокомпонентов в автосборочном производстве.

На первом этапе рассмотрим несколько действующих технических условий на ключевые электрокомпоненты - на предмет формирования требований к качеству продукции при проведении входного контроля качества, со вскрытием основных общих критериев оценки качества.

На втором этапе рассмотрим теорию и практику организации системы входного статистического контроля, мониторинга и управления качеством компонентов в автосборочном производстве.

На третьем этапе проведем исследование инструментов качества продукции в действующем производстве.

И, наконец, на четвертом этапе рассмотрим наиболее широко применяемые в автопроме формы оценки качества готовых автомобилей, в том числе инструментов: инспекционного контроля, мониторинга качества и надежности в эксплуатации подконтрольной группы автомобилей.

Далее, после обобщения и определения недостатков сложившейся системы контроля и мониторинга качества, будет предложена модернизированная концепция развития инструментов контроля,

мониторинга и управления качеством электрокомпонентов в производстве автомобильной техники, которая в дальнейшем найдет свою реализацию в рамках проработки следующих глав диссертации.

## 2.2 Вопросы формирования технических требований к качеству электрокомпонентов БЭК автомобилей

Рассмотрим процесс формирования требований к автомобильным электрокомпонентам на примере четырех ключевых элементов: электростартер; генераторная установка; электростеклоподъемник; аккумуляторная батарея.

Основные требования к электрокомпонентам, определяемые при формировании технических условий и имеющие самое непосредственное отношение к системе контроля качества, включают: общие требования; требования к конструкции; к электротехническим характеристикам; к надежности; к маркировке и упаковке; к безопасности; правила приемки; методы испытаний; измерительные приборы и т.д.

Формирование технических требований к электростартеру (рисунок 2.1). Электростартер представляет собой двигатель постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов, с электромагнитным реле, планетарным редуктором с передаточным отношением не менее 1:5 и муфтой свободного хода с приводом консольного типа, кратковременного режима работы, длительностью до 10 с. Стартер питается от аккумуляторной батареи емкостью от 55 А×ч до 62 А×ч (в зависимости от комплектации автомобиля).

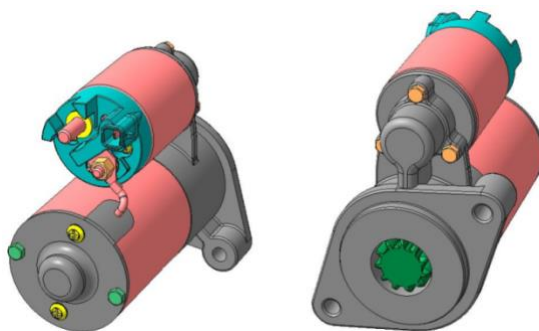


Рисунок 2.1 – Общий вид электростартера

Стартер в составе автомобиля может эксплуатироваться во всех макроклиматических районах: умеренном, холодном, тропическом сухом и влажном, морском климате при температурах окружающего воздуха от минус 40°С до плюс 50°С при среднегодовом значении относительной влажности воздуха 80 % при плюс 27°С.

Стартер расположен в моторном отсеке и должен работать при температурах до 110°С. Стартер должен выдерживать кратковременное повышение температуры до 125°С в течение времени не более 10 мин.

Атмосферное давление воздуха: верхнее значение – 106,7кПа (800 мм.рт.ст.), нижнее значение – 64,0 кПа (480мм.рт.ст.).

Функционирование, параметры и характеристики. Размерные характеристики, габаритные, установочные и присоединительные размеры должны соответствовать габаритному чертежу, согласованному заводом-изготовителем с заводом-потребителем. Проверка основных размеров производится специальным или универсальным измерительным инструментом. Масса стартера должна быть не более 3,0 кг. Проверка массы стартера производится на весах, обеспечивающих погрешность взвешивания  $\pm 5$  г.

Внешний вид стартера должен соответствовать согласованному контрольному образцу, утвержденному в установленном порядке. Для утверждения контрольных образцов предприятие-изготовитель должно



представить не менее трех образцов с картами замеров на соответствие габаритному чертежу. К каждому контрольному образцу должен быть прикреплен ярлык. Проверка производится при закрытии крышки со стороны привода любым способом, обеспечивающим защиту от попадания пыли и воды. После испытания на степень защиты от проникновения воды поместить стартер в камеру холода при температуре минус 25°C и выдержать в течение 2,5 часов. Не позднее, чем через 5 мин. после извлечения из камеры холода, стартер должен соответствовать требованиям характеристики холостого хода.

Направление вращения вала стартера - правое со стороны привода. Проверка электростартера производится на холостом ходу или при тормозном моменте. Номинальное напряжение стартера 12 В. Номинальная мощность стартера, измеренная при внутреннем сопротивлении источника питания 7,2 мОм, не менее 1,5 кВт. Пусковая мощность стартера, измеренная при внутреннем сопротивлении источника питания 12 мОм, не менее 1 кВт. Все измерения напряжения и тока следует проводить: напряжения (при снятии характеристик) - приборами класса точности 0,5-1,0; остальные - приборами класса точности не ниже 1,5. Измерение частоты вращения при всех испытаниях должно производиться приборами класса точности не ниже 2,5. Измерение при определении номинальной и пусковой мощности должно производиться приборами класса точности не ниже: 0,5 - при измерении напряжения; 1,0 - при измерении тока; 2,0 - при измерении частоты вращения; 3,0 - при измерении сопротивления изоляции. Измерение механических величин и температуры производится приборами не ниже 3 класса точности. Допустимое измерение температуры в камере холода и термостате  $\pm 3^\circ\text{C}$ . Измерение времени должно производиться приборами такого класса точности, которые обеспечили бы необходимую точность измерений. Якорь стартера должен выдерживать без повреждений

испытание на повышенную частоту вращения не менее  $22000 \text{ мин}^{-1}$  в течение 10...15 с. Испытание производится в процессе изготовления сборочных единиц. Якорь приводится во вращение посторонним двигателем. Якорь перед испытанием должен быть нагрет до температуры  $150^{\circ}\text{C}$  в течение 1 часа 30 мин. После испытания не должно быть видимых ослаблений и сдвигов обмотки. Изоляция коллектора якоря, обмоток реле относительно корпуса, а также межвитковая изоляция якоря должна выдерживать без повреждений в течение 1 мин. испытательное напряжение  $550 \text{ В}$  с частотой  $50 \text{ Гц}$ . При приемодаточных испытаниях допускается сокращать время испытания до 1 с. при условии внезапного приложения испытательного напряжения. Межламельная изоляция коллектора должна выдерживать без повреждений испытательное напряжение  $120 \text{ В}$  с частотой  $50 \text{ Гц}$  в течение 1 с. Испытание электрической прочности изоляции стартера проводится в процессе изготовления сборочных единиц. Испытание межвитковой изоляции якоря (межвитковое замыкание) проводится на технологическом оборудовании в сборочных единицах. Рабочие характеристики стартера, измеренные при внутреннем сопротивлении источника питания  $7,2 \text{ мОм}$  при температуре окружающей среды  $(25 \pm 10)^{\circ}\text{C}$ , должны соответствовать значениям, указанным в таблице 2.1. Начальные и пусковые характеристики электростартера представлены на рисунке 2.2.

Таблица 2.1 – Рабочие характеристики электростартера

При холостом ходе			В режиме торможения		
Напряжение на клеммах, В	Потребляемый ток, не более, А (с реле)	Частота вращения приводного вала, не менее, $(\text{мин}^{-1})$	Напряжение на клеммах реле, не более, В	Потребляемый ток, не более, А	Тормозной момент, не менее, Н·м
$11,5^{+0,5}$	70	3000	5,5	290	7

Пульсация напряжения источника тока не более 2 %. Испытание на холостой ход проводится без введения шестерни в зацепление с венцом маховика. Измерение величины тока и частоты вращения при холостом ходе допускается производить не более чем через 30 с после включения. Испытание на тормозной момент совмещается с испытаниями по измерению мощностей стартера на автоматизированном стенде. Напряжение подводится к клемме реле, к которой подключается источник питания, измеряется напряжение на выводе корпуса стартера и определяется потребляемый ток. Напряжение включения реле при упоре шестерни привода в прокладку, имитирующей венец маховика должно быть не более 8 В (напряжение на клемме 50). Проверка проводится путем плавного повышения подводимого напряжения. Напряжение выключения реле должно быть не более 4 В. Проверка проводится путем плавного понижения подводимого напряжения. Усилие шестерни при упоре в прокладку имитирующей венец маховика должно быть не менее 60 Н. Сопротивление изоляции щеткодержателя, обмоток реле и контактов реле относительно корпуса должно быть не менее 1 МОм. Проверка проводится мегомметром постоянного тока с напряжением 100...500В. Реле стартера должно включаться и замыкать контакты при упоре шестерни в прокладку имитирующей венец маховика с сопротивлением цепи питания (0,15-0,02) Ом при напряжении не более 12 В. Проверка проводится при плавном повышении напряжения не более 12 В. Включение реле должно осуществляться в течение не более 5 с. Падение напряжения на контактах реле при токе  $(300 \pm 15)$  А должно быть не более: 150 мВ - на новом реле; 300 мВ - на реле, прошедшем испытание. Проверка производится при замкнутых контактах (реле включено) до испытаний и после испытаний.

Привод стартера должен без заеданий перемещаться по шлицевому валу и, будучи поставлен в рабочее положение, должен возвращаться в

исходное положение под действием возвратной пружины. Проверка проводится при испытании реле стартера. Муфта свободного хода привода должна защищать якорь стартера от механических повреждений при частоте вращения шестерни  $25000 \text{ мин}^{-1}$ . Проверка производится на специальном стенде, имеющем зубчатый венец маховика, который приводится во вращение от постороннего двигателя. Шестерня привода вращается в течение 10 с, при этом частота вращения приводного вала должна быть не более  $4500 \text{ мин}^{-1}$ . Шестерня привода стартера при толчке, ударе или при прочем изменении ускорения стартера не должна самопроизвольно входить в зацепление с венцом маховика.

Стартер относится к ремонтируемым обслуживаемым изделиям. Обслуживание должно быть не чаще, чем раз в 60 000 км, и заключается в чистке и смазке привода, зачистке коллектора якоря и проверке целостности и длины щеток. Показатели безотказности – девяностопроцентная наработка до отказа не менее 120 000 км пробега (20 000 включений). Показатели долговечности - девяностопроцентный ресурс до первого капитального ремонта для первой категории условий эксплуатации составляет 160000 км пробега автомобиля.  $\text{Tr}_{90\%} \geq 20\ 000$  включений ( $\text{Tr}_{90\%} \geq 160\ 000$  км пробега). Контроль безотказности и долговечности проводится на стенде, снабженном зубчатым венцом и регулируемым тормозным устройством.

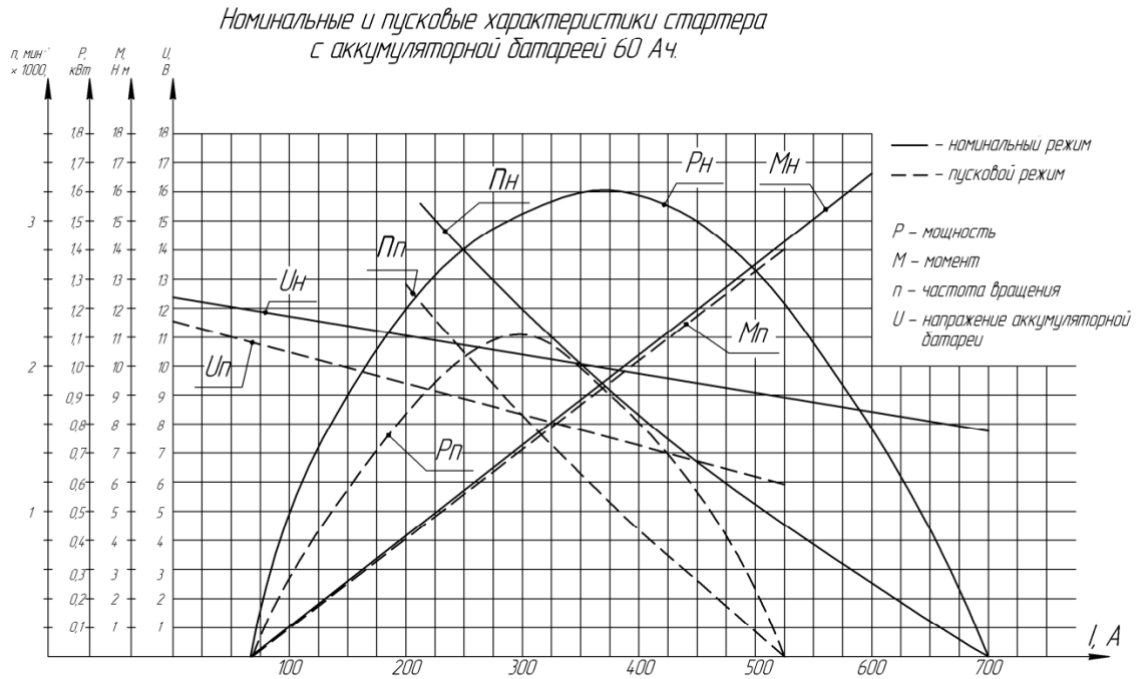


Рисунок 2.2 – Начальные и пусковые характеристики электростартера

Как видно из представленных и обобщенных требований к автомобильному электростартеру, особенностями организации системы контроля качества является то, что основные усилия должны быть сосредоточены на организации контрольных операций в процессе изготовления. Входной контроль электростартера возможен, но его рациональная реализация связана с проведением внешнего осмотра, идентификацией маркировки. Входные испытания, в силу высокой трудоемкости, возможны только на ограниченном количестве образцов. Испытания электростартера в составе автотранспортного средства в нормативной документации не оговариваются. При этом определяются требования для проведения периодических лабораторных испытаний, как правило, подразумевающих разрушающий контроль.

Переходим к автомобильным аккумуляторным батареям. Батареи аккумуляторные свинцовые стартерные для легковых автомобилей, открытого типа, конструкторско-технологического исполнения VL (с очень малым расходом воды), класса А, по ГОСТ 53165, эксплуатируемые

в условиях умеренного и тропического климата. Батареи служат для пуска двигателя стартером и питания систем зажигания, освещения и сигнализации.

Батареи должны соответствовать требованиям нормативной, конструкторской и договорной документации. Батареи должны изготавливаться по техническому регламенту, утвержденному в установленном порядке, предусматривающему необходимый контроль изделий на всех стадиях технологического процесса с применением статистических методов управления процессами.

Основные параметры батарей должны соответствовать значениям, указанным в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Основные параметры аккумуляторных батарей

Тип батареи	Номинальная 20-ти часовая емкость, C20, А×ч	Номинальная резервная емкость, Ср, мин	Ток холодной прокрутки, Iхп, А	Масса, кг не более
6СТ-55VL	55	90	425	15,1
6СТ-55VL Евро	55	90	530	15,8
6СТ-62VL Евро	62	102	600	16,5
6СТ-64VL	64	105	620	16,8
6СТ-64VL Евро	64	105	620	16,8
6СТ-70VL Евро	70	118	720	19,5

Внешний вид батарей должен соответствовать контрольным образцам внешнего вида. Поверхность батарей должна быть чистой, без потеков, свинца в местах пайки выводов, заусенцев, сколов на моноблоках и крышках. Батареи должны быть герметичны и выдерживать испытание при давлении повышенном или пониженном по сравнению с нормальным атмосферным на  $20 \pm 1,33$  кПа.

При наклоне батарей от рабочего положения на угол  $45^{\circ}$  электролит не должен выливаться. Узлы пайки и токоведущие детали батарей должны выдерживать прерывистый зарядный ток  $9 \times C_{20}$  в течение 4 периодов (5 с – разряд, 10 с – пауза).

Электролит – водный раствор серной кислоты. Химический состав серной кислоты должен соответствовать ГОСТ 667, сорт высший, химический состав воды – ГОСТ 6709. Моноблоки, крышки и пробки батарей должны быть устойчивы к воздействию бензина, автомобильных масел, электролита, горячей влажной среды, при длительном воздействии не изменять своих геометрических размеров.

Требования к электрическим характеристикам. Напряжение разомкнутой цепи полностью заряженной батареи при температуре  $25 \pm 5$  °С в течение 24 часов после заряда должно быть в диапазоне от 12,7 до 12,9 В. При испытании током холодной прокрутки  $I_{хп}$  при температуре электролита  $18 \pm 1$  °С напряжение батареи через 10 с должно быть не менее 7,5 В; напряжение батареи через 30 с разряда должно быть не менее 7,2 В; суммарная продолжительность испытания током холодной прокрутки должна соответствовать требованию:

$$\text{Общее время} \geq 90 \text{ с} = \frac{30}{0,6} \text{ с} + 40 \text{ с}$$

При испытании на прием заряда ток через 10 минут от начала заряда должен быть не менее  $2 \times I_0$  А.

Батареи должны быть стойкими к воздействию температуры окружающей среды от  $-50$  до  $+60$  °С. Батареи должны быть механически прочными при испытании по ГОСТ 20.57.406.

Аккумуляторная батарея относится к изделиям длительного применения, конкретного назначения, обслуживаемым, неремонтируемым, восстанавливаемым. В процессе эксплуатации

производится проверка заряженности аккумуляторной батареи, уровня и плотности электролита и их восстановление при несоответствии нормативным значениям. Периодичность обслуживания – 15000 км.

Критерии отказов: батарея не принимает и не удерживает заряд; снижение емкости ниже 40% от номинальной; снижение напряжения питания до 9,0 В при включении потребителей.

Измерительные приборы. Для измерения напряжения использовать цифровые вольтметры с точностью  $\pm 0,04$  В или выше. Для измерения тока использовать цифровые амперметры с точностью 1,0% или выше. Общая точность комплекса из амперметра, шунта и выводов должна быть 1,0% или выше. Для измерения температуры использовать термометры с ценой деления шкалы не более 1 К. Точность градуировки должна быть не менее 0,5 К.

Для измерения плотности электролита использовать ареометры, имеющие градуированную шкалу с ценой деления  $0,01 \text{ г/см}^3$ , либо оборудованные цифровыми дисплеями, способными регистрировать изменение плотности на  $0,005 \text{ г/см}^3$ .

Для измерения времени использовать приборы с точностью  $\pm 0,1\%$ . Приборы должны быть проградуированы в часах, минутах, секундах.

Общие выводы по оценке установленных требований к автомобильным аккумуляторным установкам заключаются в следующем: также, как и ранее, при рассмотрении электростартера следует выделить аспект, заключающийся в том, что организация входного контроля продукции на автосборочном предприятии возможна, но ограничивается операциями внешнего осмотра и идентификации; проведение входных контрольных испытаний – достаточно трудоемкий процесс, поэтому основные операции по контролю качества должны осуществляться на предприятиях-производителях аккумуляторных батарей; техническими



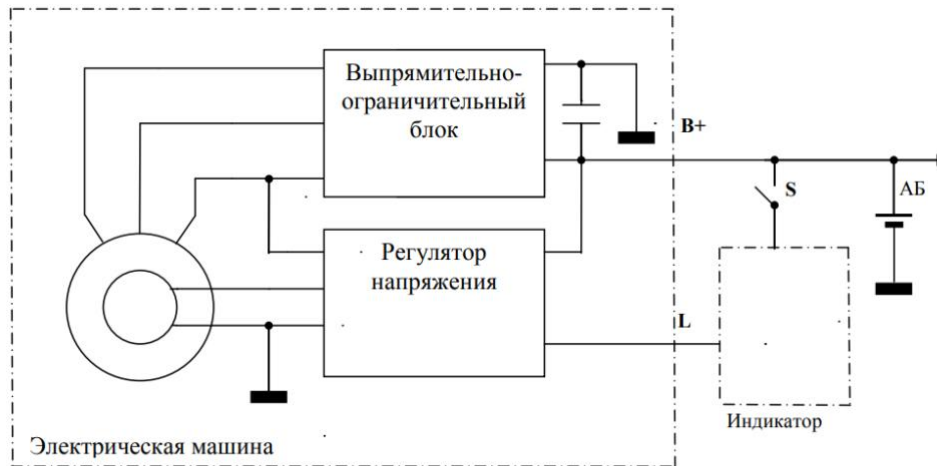
требованиями не подразумевается проведение контроля качества электрокомпонента в составе системы электрооборудования.

Переходим к основному источнику электроэнергии автомобилей – генераторной установке.

Генераторная установка. Технические требования распространяются на генераторы со встроенным выпрямительным ограничительным блоком и с регулятором напряжения, предназначенные для работы в качестве источника электрической энергии параллельно с аккумуляторной батареей в системе электрооборудования автомобилей, работающие при температуре окружающей среды от минус  $(40\pm 3)$  °С до плюс  $(50\pm 3)$  и влажности до 80 % при номинальной температуре плюс  $(25\pm 10)$  °С. Генератор размещается в моторном отсеке автомобиля и должен работать при температуре 100°С. Генератор должен выдерживать кратковременное повышение до 125°С в течение времени не более 10 мин.

Генератор изготавливается продолжительного номинального режима работы S1 по ГОСТ Р 52230, общеклиматического исполнения "О", категории 2 по ГОСТ 15150 и предназначен для поставок на внутренний рынок и на экспорт в страны всех климатических зон.

Схема подключения генератора на автомобиле приведена на рисунке 2.3.



где «B+» - вывод «плюс» генератора,  
 «L» - вывод на индикатор,  
 «S» - выключатель зажигания,  
 «Индикатор» - контрольный сигнализатор,  
 «АБ» - аккумуляторная батарея.

Рисунок 2.3 – Схема подключения генератора на автомобиле

Изделия должны соответствовать требованиям нормативной, конструкторской и договорной документации, согласованной между организацией-изготовителем и организацией-потребителем. Изделия изготавливаются по технологическому регламенту, утвержденному в установленном порядке, предусматривающему необходимый контроль изделий на всех стадиях технологического процесса с применением статистических методов управления процессами.

Все технические требования и характеристики, изложенные в согласованном чертеже, должны быть согласованы организацией-изготовителем с организацией-потребителем. Внешний вид генератора, место и способ нанесения маркировок, должны соответствовать контрольному образцу, согласованному с организацией-потребителем.

Генератор состоит из следующих функциональных сборочных единиц: ротора в сборе, статора в сборе, выпрямительного блока, щеткодержателя с регулятором напряжения.

Все комплектующие изделия, применяемые в генераторе, должны удовлетворять требованиям стандартов и ТУ на них. Качество покупных изделий, комплектующих и материалов должно быть подтверждено соответствующими клеймами и паспортами организаций-поставщиков покупных изделий, комплектующих и материалов. Все покупные изделия должны пройти входной контроль. Степень защиты генератора от проникновения посторонних тел и воды IP10 по ГОСТ 14254.

Номинальные параметры генераторов в комплекте с аккумуляторной батареей емкостью 40-100 А×ч и степенью заряженности не менее 75% должны соответствовать значениям, указанным в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Номинальные параметры генераторов

Генератор	U <sub>рег.ном.</sub> В	±Δ U <sub>рег.</sub> мВ	U <sub>рег.</sub> В	α МВ/°С	I <sub>max</sub> не менее, А	Масса, не более, кг
9402.3701000-14	14,5	150	14,35-14,65	-7±2,0	115	5,26
9412.3701000-07	14,5	150	14,35-14,65	-7±2,0	80	4,9
9412.3701000-25	14,5	150	14,35-14,65	-7±2,0	110	5,2

В таблице 2.3: U<sub>рег. ном.</sub> – напряжение настройки при температуре окружающей среды (20±5) °С, частоте вращения ротора генератора (6000±3%) мин<sup>-1</sup> и токе нагрузки (5±5%) А; α – температурный коэффициент изменения напряжения настройки. ±ΔU<sub>рег.</sub> – погрешность регулирования при температуре окружающей среды от минус (40±3) до плюс (100±3) °С; U<sub>рег.</sub> – напряжение регулирования на температуре окружающей среды (20±5) °С, частоте вращения ротора (6000±3 %) мин<sup>-1</sup> и токе нагрузки (5±5%) А. I<sub>max</sub> – максимальный ток в нагретом состоянии при температуре окружающей среды (25±10) °С и частоте вращения ротора генератора (6000±3%) мин<sup>-1</sup>. Разброс регулируемого напряжения с учетом термокомпенсации указан на рисунке 2.4.

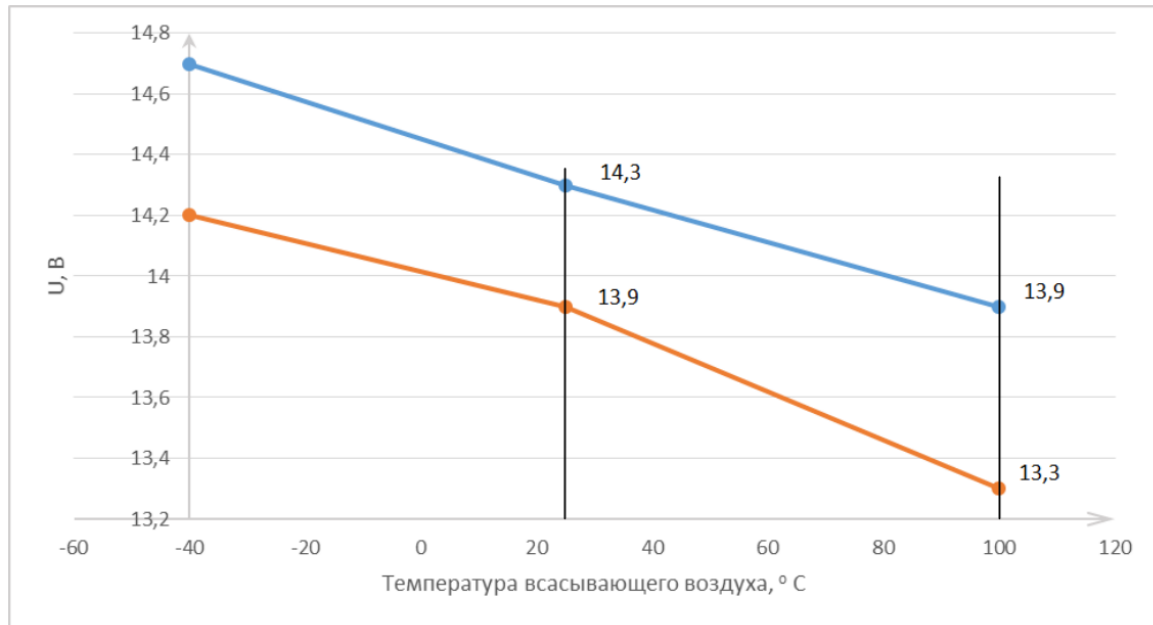


Рисунок 2.4 – График разброса регулируемого напряжения с учетом термокомпенсации

При температурном коэффициенте минус  $(10 \pm 1,8)$  мВ/°С регулируемое напряжение не должно превышать 15,3 В при температурах окружающей среды - 5 °С и ниже. Направление вращения вала генератора - правое со стороны привода. По способу подавления радиопомех генератор должен быть с помехоподавляющим устройством (конденсатором емкостью 2,2 мкФ  $\pm 20\%$  по ГОСТ Р 52230). Характеристики испытаний. Ротор генератора должен выдерживать без повреждений испытание на повышенную частоту вращения  $(20\ 000-1000)$  мин<sup>-1</sup> в течение 30 с. Генератор должен выдерживать без повреждений испытание на повышенную частоту вращения ротора  $(20\ 000-1000)$  мин<sup>-1</sup> в течение 120 с.

Генератор должен выдерживать испытание на вибропрочность после воздействия на него вибрационных нагрузок в диапазоне частот  $(100-500-100)$  Гц с амплитудой ускорения  $(100-350-100)$  м×с<sup>-2</sup> в направлении, перпендикулярном оси вала генератора, в течение 2 000 000 циклов, а также в осевом направлении после воздействия вибрационных

нагрузок  $(150 \pm 50) \text{ м} \times \text{с}^{-2}$  в течение 2 000 000 циклов. Генератор должен выдерживать испытание на ударопрочность после воздействия на него ударных нагрузок с ускорением  $(150 \pm 30) \text{ м} \times \text{с}^{-2}$  продолжительностью 10 000 ударов. Контактный резьбовой вывод «В+» генератора должен выдерживать без механических повреждений вывода, изоляции и места крепления, крутящие моменты затяжки  $21 \text{ Н} \times \text{м} \pm 15\%$  и страгивания с места  $25 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Сразу после обкатки при температуре окружающей среды  $(25 \pm 10) \text{ }^\circ\text{С}$  генератор должен иметь характеристики, указанные в таблицах 2.4, 2.5.

Таблица 2.4 – Характеристики генератора после обкатки

Напряжение на выводе «В+», В	Частота вращения ротора $\text{мин}^{-1}$ , не более, при токе нагрузки 48 А
13,5	1800

Таблица 2.5 – Характеристики генератора после обкатки

Частота вращения ротора, $\text{мин}^{-1}$	Ток нагрузки, А	Регулируемое напряжение на выводе «В+», В
$6000 \pm 180$	$5 \pm 0,25$	14,0-14,7

Частота вращения ротора, при которой происходит самовозбуждение генератора в комплекте с аккумуляторной батареей и индикатором (контрольной лампой А12-1,2 и параллельно включенным добавочным сопротивлением 50 Ом), должна быть не более  $1450 \text{ мин}^{-1}$ . Величина токоотдачи генератора при температуре окружающей среды  $(25 \pm 10) \text{ }^\circ\text{С}$  в зависимости от частоты вращения ротора должна быть не менее приведенной в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Токоотдача генератора

Напряжение на выводе «В+», (13,5±0,1) В	Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup> , не более						
	1200 +3%	1800 +3%	2000 +3%	3000 +3%	4000 +3%	5000 +3%	6000 +3%
	Величина токоотдачи, не менее, А						
9402.3701000-14	0	25,5	52	63	93	103	115
9412.3701000-07	-	42	50	70	78	82	85
9412.9701000-25	-	25,5	52	63	93	103	110

Генератор при работе не должен издавать шумов, свидетельствующих о наличии неисправностей, (задевание вращающихся частей, шум подшипников, стук щеток). При работе двигателя автомобиля в рабочих частотах вращения общий уровень шума генератора не должен выделяться из общего уровня шума двигателя и должен быть не выше шума образца, согласованного между организацией-изготовителем и организацией-потребителем. Погрешность регулирования ( $\Delta U$  рег.) при температуре окружающей среды ( $20 \pm 5$ ) °С, токе нагрузки ( $5 \pm 5\%$ ) А и изменении частоты вращения ротора генератора от ( $1500 \pm 3\%$ ) до ( $17000 \pm 3\%$ ) мин<sup>-1</sup> должна быть не более  $\pm 150$  мВ.

Напряжение радиопомех на выходе антенного кабеля автомобиля, укомплектованного генератором, не должно превышать допустимых по ГОСТ 28279 значений. Напряжение радиопомех в бортовой сети автомобиля, укомплектованного генератором, не должно превышать допустимых значений по ГОСТ 28279.

В генераторе должна быть предусмотрена следующая защита: защита от короткого замыкания обмотки возбуждения. При устранении короткого замыкания генератор должен возвратиться в «Рабочий режим»; защита от короткого замыкания цепи «Индикатора» на клемму «В+» с

сохранением работоспособности генератора из рабочего режима; защита от короткого замыкания цепи «Индикатора» на корпус генератора с сохранением работоспособности генератора из рабочего режима; общая тепловая защита, отключающая генератор при повышении температуры корпуса регулятора напряжения до  $(175 \pm 15)$  °С и включающая «Индикатор». При снижении температуры функционирование генератора должно возобновиться, а цепь «Индикатора» – обесточиться.

Генератор относится к ремонтируемым, восстанавливаемым изделиям по ГОСТ 27.003. Нормируемые показатели надежности: безотказность – девяносто процентная наработка до отказа не менее 180 000 км пробега автомобиля для первой категории условий эксплуатации, при условии соблюдения требований руководства по эксплуатации; долговечность - девяносто процентный ресурс генератора до предельного состояния, при условии соблюдения требований руководства по эксплуатации, должен быть не менее 300 000 км пробега автомобиля. В период указанного ресурса не требуется регламентных работ.

Отказом генератора считается выход любого из его электрических параметров за пределы значений. Предельным состоянием генератора считается нарушение его работоспособности, требующей разборки его механической и электрической частей.

Обобщая действующие технические требования к генераторной установке, можно сделать ряд выводов, схожих с теми, которые были сформулированы при рассмотрении электростартера и аккумуляторной батареи. Общий смысл этих выводов заключается в том, что действующей нормативной документацией, как правило, не определяется возможность оценки качества функционирования электрооборудования в составе электротехнического комплекса АТС.

Рассмотрим технические требования к стеклоподъемнику электрическому. Стеклоподъемник электрический должен соответствовать конструкторской документации и габаритным чертежам. Внешний вид стеклоподъемника должен соответствовать контрольным образцам. Основные параметры должны соответствовать требованиям, представленным в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Основные параметры и требования к электрическому стеклоподъемнику

№ п/п	Основные параметры и размеры	Количественное значение параметра
1	Номинальное напряжение питания	12,0 В
2	Диапазон рабочего напряжения	от 10,8 до 15 В
3	Номинальное усилие на пластине	117±2Н
4	Время перемещения пластины из одного крайнего положения в другое при номинальном напряжении питания и усилении	от 2 до 6 с
5	Потребляемый ток при номинальном напряжении питания и усилении	8 А
6	Максимальное усилие на пластине при напряжении 13,0 В на соединительной колодке стеклоподъемника в упоре, не более	410Н
7	Потребляемый ток при заблокированной пластине и напряжении 13 В на соединительной колодке стеклоподъемника и номинальных климатических условиях, не более	28А
8	Потребляемый ток на холостом ходу при номинальном напряжении питания на соединительной колодке стеклоподъемника и номинальных климатических условиях, не более	5А
9	Масса стеклоподъемника при всех видах поставок, не более	1,5 кг



Стеклоподъемники электрические предназначены для эксплуатации в составе автомобилей при температуре окружающей среды от  $-40$  до  $+45$  °С и влажности до 90%.

Как показано выше, требования к стеклоподъемнику электрическому также не содержат требований по оценке электротехнических и электромеханических параметров объекта в составе системы.

Первично все вышеизложенное открывает значимую проблему организации контроля качества электрокомпонентов автомобилей в составе системы электрооборудования. Проблема заключается в том, что в технических требованиях, так же как и в технических условиях на электрокомпоненты, не закладываются требования к ключевым электротехническим параметрам, учитывающим совместную работу изделий в системе электрооборудования. Частично, данную проблему можно решить, используя в процессе производства диагностические тестеры, которые идентифицируют стандартные ошибки в работе системы электрооборудования. Также частично выделенную проблему можно решить организацией проверок качества подконтрольной группы автомобилей. И в первом, и во втором случаях, конечно же, речь идет не о массовых инструментах контроля. Это все тот же выборочный контроль качества электрокомпонентов в составе АТС, причем при проведении испытаний подконтрольной группы автомобилей, по сути, мы говорим о разрушающем контроле. Тем не менее, для полноценного обоснования выделенной проблемы, проследим в теории и на практике организацию контроля качества электрокомпонентов в автосборочном производстве, и первым шагом здесь является входной контроль.

### 2.3 Система контроля качества электрокомпонентов в состоянии поставки. Входной контроль

Общие аспекты декларирования несоответствий на этапе входного и внутреннего контроля. Изделия (модули, детали, узлы или сырье, поставляемое поставщиком) могут быть задекларированы в случаях: не выполнения технических требований на комплектующие; выявления несоответствия на заводе при физической приемке изделия; если продукция требует доработки или замены, уровень ответственности поставщика определяется после анализа; если продукция повреждена по причине упаковки или при транспортировании и ответственность поставщика подтверждается [5, 6, 7].

Индикатор и принцип расчета. Точное число изделий с несоответствиями поставленных поставщиком определяется по следующим правилам: ориентировочная оценка на базе выборки не допускается; продукция, возвращаемая поставщику для анализа, не декларируется, она декларируется после получения информации о точном числе изделий с несоответствиями от поставщика; при поставке комплектов деталей в «синхронном» режиме, подсчет основывается на автомобилях: полученное количество равняется 1 и число деталей с несоответствиями ограничивается 1 независимо от числа деталей с несоответствиями в комплекте; при поставке сырья для декларирования материалов используется единица, соответствующая единице, используемой при заводской административной приемке.

$$PPM = \frac{\text{Число изделий, задекларированных как имеющие несоответствия за конкретный период}}{\text{Число изделий, поставленных поставщиком за этот период}} \times 1000000 \quad (2.1)$$

Все несоответствия декларируются как «технические», за исключением идентификационных несоответствий. Когда ярлык

соответствует требованиям, но идентификатор не верен, деталь декларируется как имеющая идентификационное несоответствие.

Декларирование выполняется службой качества поставок в отношении изделий с несоответствиями, выявленных заводом по согласованию с поставщиком. В случае спора служба качества, служба производства и служба производства силовых агрегатов определяют сторону, виновную в несоответствии. Управление качества службы закупок отвечает за доведение результатов до потребителей и поставщиков (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Принципы декларирования несоответствующих автокомпонентов

Важно рассмотреть существующие подходы и инструменты контроля и мониторинга качества электрокомпонентов автомобиля в контексте организации процесса и с учетом полученных ранее данных о качестве автомобилей в период эксплуатации. То есть, необходимо детализировать этапы контроля качества с точки зрения существующей

практики, посмотреть, какие дефекты по группе электрокомпонентов выявляются в процессе производства автомобилей и сравнить их с дефектами в эксплуатации. Таким образом можно более обоснованно совершенствовать производственные инструменты контроля и мониторинга качества электрокомпонентов, с прицелом на повышение качества автомобилей в эксплуатации.

Необходимо сразу же выделить важный аспект, который касается того, что на отечественных, в отличие от иностранных автосборочных предприятий, до сих пор действуют системы входного статистического контроля качества поступающей продукции от поставщиков.

Почему этот вопрос так важен? Дело в том, что в настоящее время практически все мировые автосборочные предприятия работают в условиях максимального вывода за свои пределы производств по изготовлению автомобильных компонентов, под сборки узлов и агрегатов. Делается это в угоду экономической эффективности, когда головное автосборочное предприятие, по сути, занято только производством автомобилей из сборочных узлов, агрегатов и компонентов. В настоящее время производство компонентов внутри автосборочного предприятия редко превышает 20-25% от всей производственной номенклатуры, соответственно 75-80% комплектующих поступает на сборочные площадки извне. Здесь очень важно выделить ключевые различия между организацией системы контроля качества компонентов, поступающих в сборочное производство на отечественных и иностранных предприятиях:

1. Во-первых, как правило, иностранными автосборочными предприятиями выстраивается довольно мощная и сложная информационно-технологическая система взаимодействия между головным предприятием и поставщиком, в рамках которой действуют инструменты мониторинга качества производства компонентой базы и

логистики доставки продукции. В случае отечественных предприятий, такие системы находятся в стадии становления и повышения значимости.

2. Наличие мощной информационно-технологической системы взаимодействия в некоторой степени гарантирует прозрачность производственной системы поставщиков для специалистов-аналитиков качества автосборочного предприятия, то есть, процессы производства компонентов находятся под постоянным дистанционным контролем специалистов головного предприятия. В случае отсутствия такой системы головное предприятие обеспечивает создание и функционирование службы контроля качества поступающей продукции от поставщиков.

3. Международная практика в части производства электрокомпонентов показывает, что даже наличие мощной и развитой информационно-технологической системы между головным предприятием и поставщиками не всегда гарантирует высокие показатели качества производства такой продукции. Именно сложность и активное насыщение автомобилей новой компонентной базой электрооборудования и электроники часто предопределяет необходимость выстраивания дополнительных инструментов контроля качества.

Таким образом получается, что наряду с необходимостью развития информационно-технологических инструментов контроля и управления качеством, действующих между головным предприятием автопроизводителя и поставщиками электрокомпонентов, требуется развитие таких традиционных инструментов как системы внутреннего контроля качества на автосборочном производстве.

Но и здесь скрывается актуальнейшая комплексная проблема, заключающаяся в том, что существует задача обеспечения качества электрокомпонентов заданной номенклатуры в стадии поставки, когда

при проведении контрольных операций и испытаний взаимное влияние, связанных системой электрооборудования компонентов отсутствует, а есть задача, связанная с обеспечением качества электрокомпонентов уже в составе системы электрооборудования автомобиля. Первая задача решается инструментами входного статистического контроля и периодических испытаний малых партий компонентов.

Попытки решения второй задачи просматриваются в части внедрения в технологический процесс производства автомобилей, на заключительном этапе, операции по тестированию компонентов в составе системы электрооборудования на предмет наличия стандартных ошибок и отказов, а также проведения выборочных испытаний автомобилей в цехе выходного контроля автосборочного производства [41, 82].

Что представляет собой современная система выборочного входного статистического контроля качества поступающих электрокомпонентов?

Как было показано ранее, порядка 75-80% компонентой базы современного автомобиля производят поставщики. Электрокомпоненты практически на 100% – это продукция, закупаемая автосборочными предприятиями на предприятиях поставщиков, соответственно, все позиции, отражающие требования к качеству компонентов, прописываются в договорах поставки, на основе нормативно-технической документации автомобильных компонентов. Требования к качеству автопроизводитель формулирует на этапе создания технического задания (ТЗ) и технических условий (ТУ) на изделие.

Для оценки качества автокомпонентов используется график последовательного анализа. Для расчета графика определяются риски изготовителя и заказчика ( $\alpha$ ,  $\beta$ ), приемлемый и гарантированный уровни

качества ( $p_1, p_2$ ). Используя результаты [В.Н. Козловский], принимаем [47, 48]:

$$g_1 = \lg(p_2/p_1); \quad g_2 = \lg[(1-p_1)/(1-p_2)]; \quad a = \lg[(1-\beta)/\alpha]; \quad b = \lg[(1-\alpha)/\beta], \quad (2.2)$$

получаем уравнения:

$$h_1 = \frac{b}{g_1 + g_2}; \quad h_2 = \frac{a}{g_1 + g_2}; \quad S = \frac{g_2}{g_1 + g_2}, \quad (2.3)$$

где  $h_1, h_2, S$  являются характеристическими константами, которые делают возможным построение графика последовательного анализа, который отражает линии приемки и браковки (рисунок 2.6). Условием браковки партии является случай, когда число накопленных выявленных дефектов лежит на линии или выше линии браковки ( $f_2$ ).

$$f_2 = S \cdot n + h_2 \quad (2.4)$$

Если дефектность определяется между линиями, – проверка продолжается. Условием принятия решения о годности партии является случай, когда накопленное число дефектов лежит на линии либо ниже линии приемки ( $f_1$ ):

$$f_1 = S \cdot n - h_1 \quad (2.5)$$

На рисунке 2.6 представлен график последовательного анализа для партии электрокомпонентов объемом 1200 шт. [47, 48].

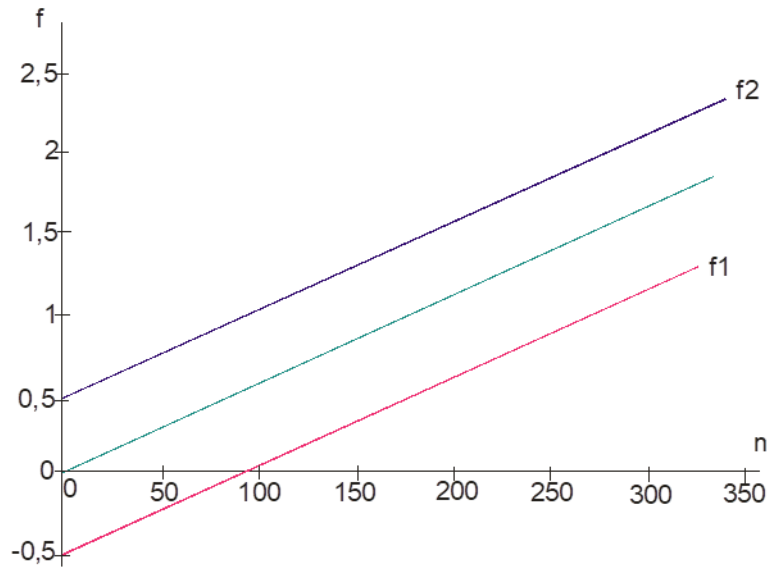


Рисунок 2.6 – График последовательного анализа

Далее строится план приемочного контроля качества, с определением приемочного и браковочного числа с учетом риска поставщика и заказчика, а также допустимого процента дефектных компонентов ( $C$ ,  $R$ ). Среднее значение объема выборки, приемочное и браковочные числа, уточненные значения риска заказчика и поставщика с использованием кривых Пуассоновского распределения [47, 48].

$$n = \frac{np_1}{p_1}, \quad (2.6)$$

$$n = \frac{np_2}{p_2}. \quad (2.7)$$

$$R = C + 1 \quad (2.8)$$

После определения основных параметров приемочного контроля величины строится оперативная характеристика (рисунок 2.7 а) [].

$$P(M) = \sum_{d=0}^m \frac{(n \cdot p(M))^d}{d!} \cdot e^{-d \cdot p(M)} \quad (2.9)$$

где  $p(M)$  – уровень дефектности партии изменяется в зависимости от количества дефектных изделий в партии ( $M$ ), т. е.  $M$  может изменяться от 0 до  $N$ ,  $P(M)$  – вероятность приемки партии.



Далее, строится характеристика качества проконтролированной партии – доля брака, от которой зависит средний уровень выходного качества, т. е. средняя доля пропущенного брака (рисунок 2.7 б) [47, 48]:

$$D(M) = p(M) \cdot P(M) \cdot \frac{(N-n)}{N}, (2.10)$$

где  $D(M)$  – процент пропущенного брака.

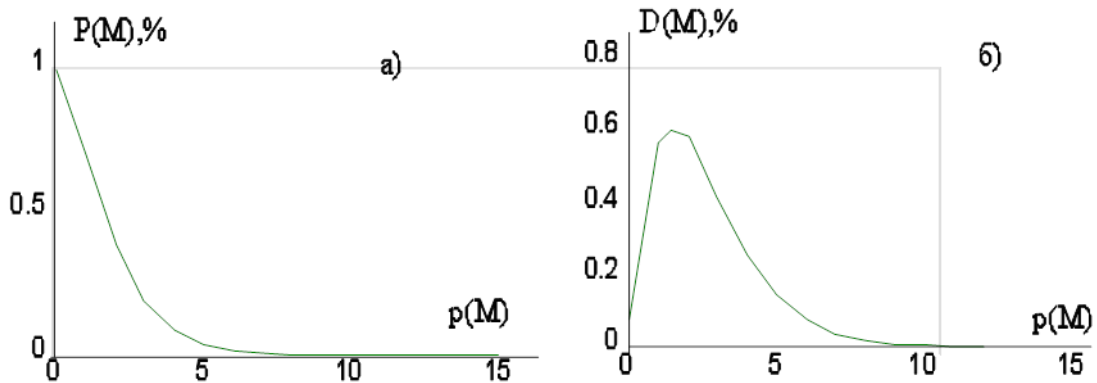


Рисунок 2.7 – Оперативная характеристика и характеристика среднего выходного качества партии технических устройств из главной группы  $N = 1200$  шт.

Теперь можно рассмотреть практические результаты реализации системы входного контроля автомобильных компонентов на примере продукции одного из крупнейших национальных автопроизводителей (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Топ-дефекты в поставке, выявленные на этапе входного контроля

№ п/п	Фото компонента	Описание дефекта	ppm, в состоянии поставки, 2018г.
1		Петли дверей - литьевые дефекты, отклонения по геометрии оси	112 000
2		Подшипник редуктора заднего моста - шум, стук при испытании	4 440
3		Передние и задние тормозные шланги - не соответствуют ТУ по показателю «осевая нагрузка»	49 100
4		Не герметичность термостата	108 850
5		Перегорание лампы заднего фонаря	1 563
6		Шум, скрип, стук электростеклоподъемника	6 660
7		Подшипник муфты сцепления	1 846
8		Сальник коленчатого вала задний	9 817

Итак, рассматривая практические результаты работы системы входного контроля автосборочного производства, сравнивая полученные результаты с полученными ранее данными, отражающими качество электрокомпонентов в процессе эксплуатации, можно сделать вывод о том, что в общем, они не сильно коррелируются. И это вполне обоснованный вывод, который формулируется на основании того, что оценка качества электрокомпонентов в процессе входного контроля реализуется в основном посредством внешнего осмотра и контроля качества электротехнических характеристик крайне ограниченной группы изделий, что связано с высокой трудоемкостью и необходимостью проведения входных стендовых испытаний. Очевидно и то, что другим выводом, который можно сделать в результате проведенного сопоставления, является то, что электрооборудование при входном контроле проверяется по номенклатуре, без возможной оценки качества совместной работы, которую можно было бы реализовать с помощью, например, инструментов симуляции.

На рисунке 2.8 представлена диаграмма формирования целей в области качества для системы входного контроля автосборочного предприятия. Как видно, для отечественной практики актуальны количественные индексы на уровне от 40 до 1350 ppm, в то время как для зарубежной практики действуют количественные уровни 18 ppm для европейских автопроизводителей, 5 ppm – для японских автопроизводителей.

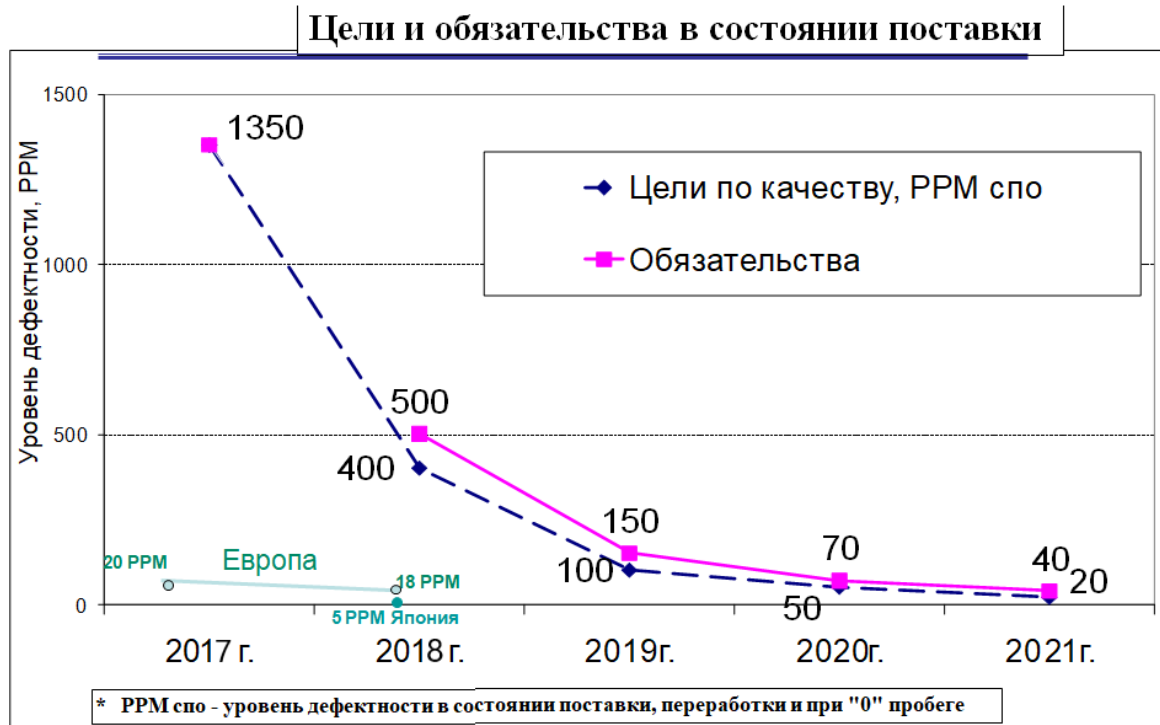


Рисунок 2.8 – Диаграмма целей при организации системы входного контроля качества автосборочного производства

Переходим к системе внутреннего контроля качества автосборочного предприятия с позиций анализа качества электрокомпонентов.

#### 2.4 Внутренний контроль качества в автосборочном производстве как дополнительный компонент системы обеспечения качества электрокомпонентов

Наряду с системой входного контроля компонентов, поступающих на автосборочное предприятие, существует целый комплекс инструментов контроля и мониторинга качества в процессе производства продукции, включающий: системы контроля в цехах, технологический аудит, мониторинг процесса идентификации и прослеживаемости продукции с инспектированием изоляторов брака, наконец, аудит процесса производства.

Касаясь темы электрокомпонентов, по сути, рассмотренную выше систему входного контроля можно дополнить, например, системой выходного контроля качества силового агрегата в сборе и готового автомобиля.

При проведении выходного контроля качества силового агрегата проводятся испытания с соответствующими контрольными измерениями параметров двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

Как было сказано, контроль качества силового агрегата проводится по его основным техническим параметрам: 100% контроль всех изготовленных ДВС реализуется по сокращенной программе, когда снимаются характеристики в одном из режимов работы; до 5% изготовленных ДВС проходят периодические испытания, в том числе ресурсные (с полным разбором силового агрегата), в этом случае снимаются параметры ДВС в различных режимах работы.

На рисунке 2.9 представлена диаграмма распределения дефектов ДВС, выявленных во время выходного контроля, с распределением ответственности по подразделениям автосборочного предприятия. Количественным индексом качества продукции здесь, также как и при оценке качества продукции внешней поставки, выступает показатель ppm.

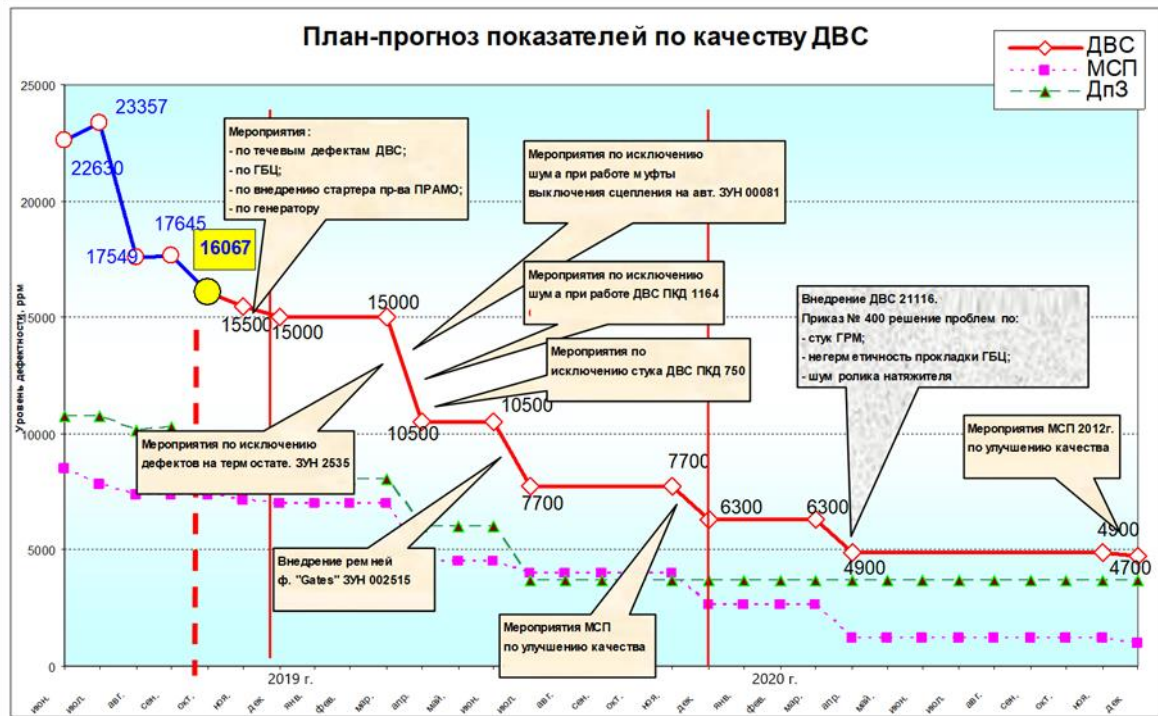


Рисунок 2.9 – Диаграмма распределения дефектов по результатам внутреннего контроля качества силового агрегата, с разнесением ответственности по подразделениям предприятия: МСП – механосборочное производство; ДПЗ – дирекция по закупкам; ДВС – двигатель внутреннего сгорания

Как видно из диаграммы (рисунок 2.9), ответственность дирекции по закупкам (ДПЗ) за качество поставляемых электрокомпонентов даже выше соответствующего показателя ответственности, определяющего внутреннее качество производства ДВС в МСП, что как раз и определяет, в том числе, приоритетность проблемы обеспечения качества генераторной установки и электростартера.

Следует обратить внимание, что в случае контроля качества ДВС, проявляются актуальные аспекты, связанные с совместным контролем качества нескольких элементов навесного электрооборудования, устанавливаемого, в данном случае, на двигатель. Аналогично, проходят этапы контроля качества в сборочно-кузовном производстве, где

проводится частичная оценка качества совместного функционирования элементов кузовного электрооборудования и электроники.

Однако реализация этих инструментов в основном смещена в сторону контроля качества практически уже готовых автомобилей, находящихся на финишных операциях автосборки. Рассмотрим более детально процесс контроля качества готовой продукции.

## 2.5 Инструменты контроля качества готовых автомобилей

Переходим к контролю качества готовых автомобилей. Здесь одним из ключевых показателей качества является показатель прямой сдачи продукции без доработок. Количественно данный показатель оценивается так, как это представлено на рисунке 2.10 [6, 7, 9].

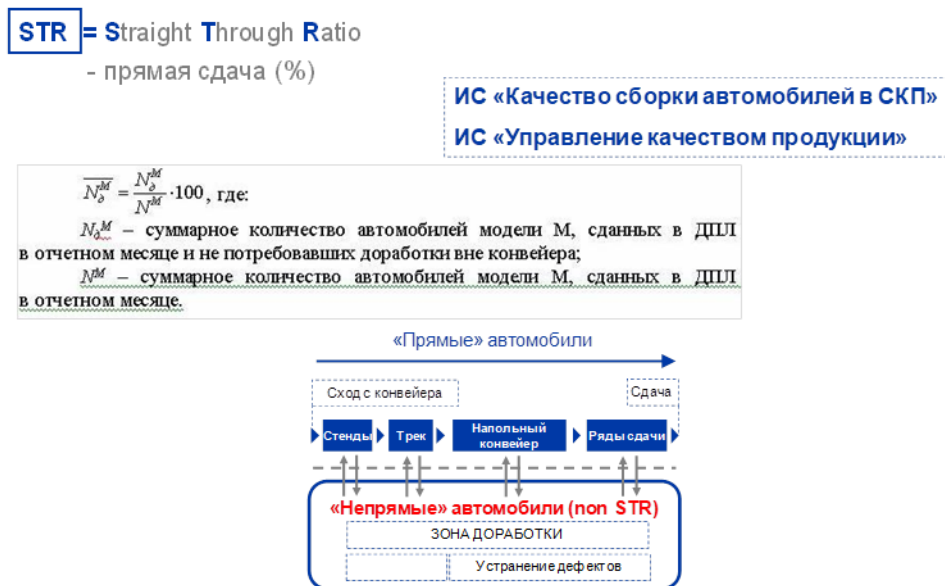


Рисунок 2.10 – Расчет показателя прямой сдачи автомобилей: СКП – сборочно-кузовное производство; ДПЛ – дирекция по логистике; ИС – информационная система

В качестве примера, на рисунке 2.11 представлена диаграмма распределения показателя прямой сдачи автомобилей популярных

семейств, одного из крупнейших отечественных автопроизводителей Мод. 1 и Мод. 2 по данным за 2019 – 2020 гг.

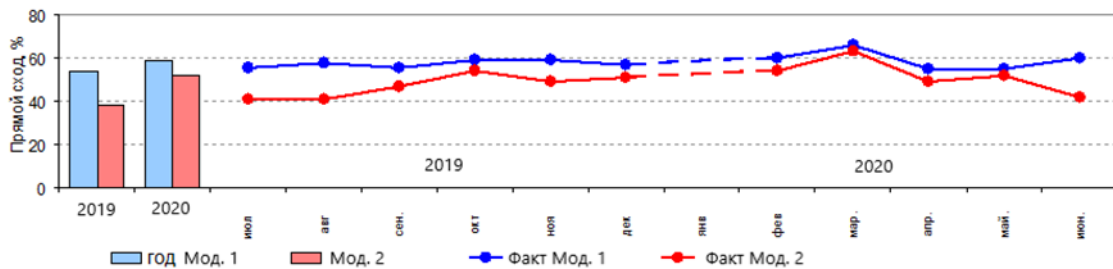
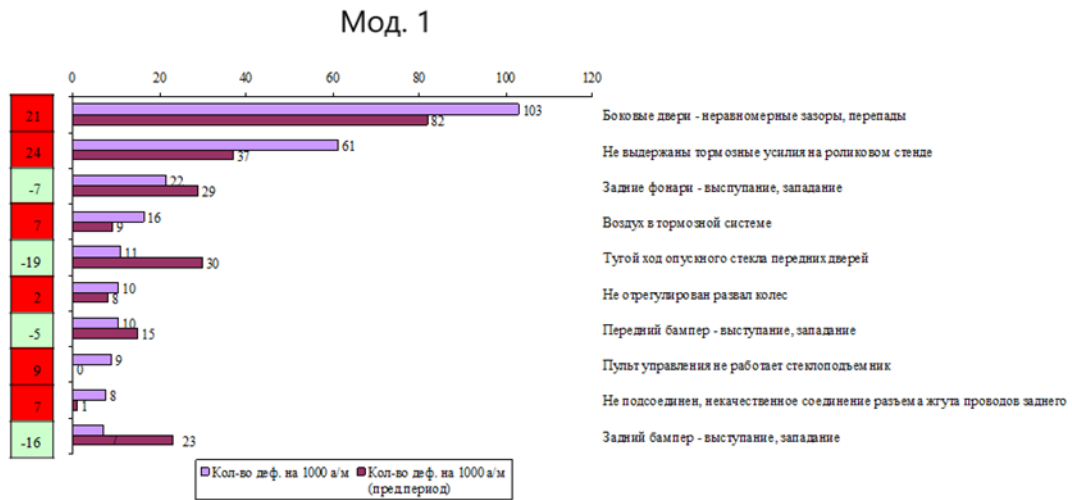


Рисунок 2.11 – Диаграмма распределения показателя прямого схода автомобилей

Как видно из диаграммы (рисунок 2.11), исследуемый показатель прямого схода у второй модели (Мод. 2) существенно ниже, чем у соответствующего показателя первой модели (Мод. 1). Можно отметить еще и то, что показатель прямого схода фактически не превышает уровень 65% (по данным за март 2020г.).

В качестве примера с помощью модифицированных диаграмм Парето (рисунок 2.12) рассмотрим основные дефекты, снижающие показатель прямой сдачи автомобилей, по данным за 2020г. Анализ рисунка 2.12 показывает, что в отличие от проблем, выявляемых на входном контроле, контроле качества силового агрегата, здесь в основном фиксируются так называемые видовые дефекты автомобилей. Однако при этом также выделяются дефекты тормозной системы. Из перечня электрокомпонентов можно выделить лишь дефекты электростеклоподъемника. Объективная причина выявления в массе своей – видовых дефектов, заключается в некоторой «заточенности» инструментария, применяемого контролерами на финишном этапе производства автомобилей. Здесь проводится внешний осмотр автомобилей с выявлением видовых дефектов и выезд на испытательный трек, где как раз и фиксируются дефекты тормозной системы.





а)



б)

Рисунок 2.12 – Диаграммы Парето по массовым дефектам прямого схода новых автомобилей

Теперь рассмотрим результаты комплексного статистического исследования качества новых автомобилей, проведенного нами в период 2016-2017гг. [58] по данным работы цеха выходного контроля качества автомобилей. Результаты исследования (рисунок 2.13), наглядно показывают, что в цехе контроля качества фиксируются в основном так называемые видовые дефекты (салон, кузов автомобиля). Этот аспект в некотором роде подтверждает результаты, представленные выше при оценке показателей прямого схода автомобилей. Уровень дефектности по

позициям электрооборудования в ранжированном списке систем представлен на третьем месте (рисунок 2.13). Точно также распределяются затраты на устранение выявленных в производстве дефектов (рисунок 2.14).

Иными словами, при общем лидерстве позиций электрооборудования в списке наиболее дефектоносных компонентов современных автомобилей на этапе эксплуатации рассмотренные выше инструменты производственного контроля и мониторинга качества не способны обеспечить функцию фильтра таких элементов в процессе производства автомобилей.

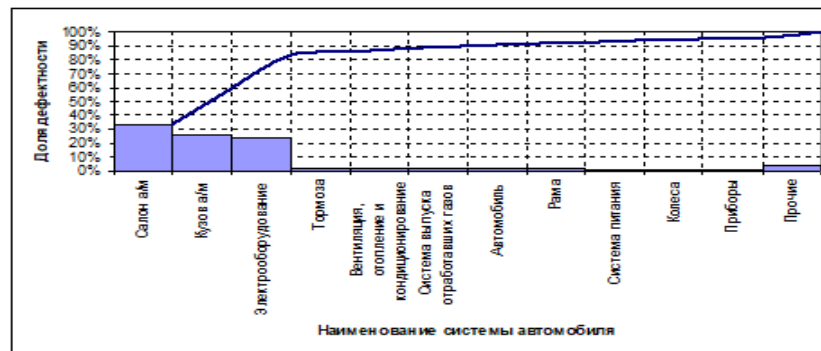


Рисунок 2.13 – Диаграммы дефектности, зафиксированной в цехе выходного контроля, по основным системам популярной марки автомобиля

Рассмотрим результаты исследования качества продукции по данным цеха выходного контроля качества более детально, исходя из зафиксированных затрат на устранение неисправностей (рисунок 2.14).

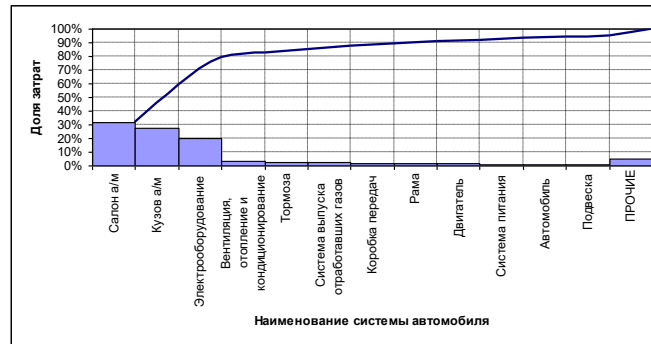


Рисунок 2.14 – Диаграммы распределения затрат на устранение неисправностей по системам автомобилей по данным цеха выходного контроля качества автомобилей

Из анализа диаграммы (рисунок 2.14) видно, что на этапе выходного контроля качества автомобилей фиксируются дефекты: салона; кузова автомобилей; электрооборудования; тормозной системы и т.д. Распределение затрат на устранение выявленных несоответствий в цехе выходного контроля по первым трем позициям имеет такую же последовательность.

На рисунке 2.15 представлены результаты детализированного исследования по дефектам и затратам на устранение несоответствий основных узлов электрооборудования, выявленных на этапе выходного контроля качества автомобилей. Как видно, наиболее массовые дефекты узлов автомобилей включают несоответствия: электропроводов; фонарей задних; фар; переключателей; предохранителей электрических цепей; выключателей; стартера и включателя стартера; реле разного назначения; корректора света фар; плафонов внутреннего освещения; выключателя сигнала торможения; генератора. Диаграмма Парето по затратам на устранение дефектов узлов системы электрооборудования содержит те же рассмотренные позиции, однако их значимость и соответствующая последовательность распределения несколько меняется.

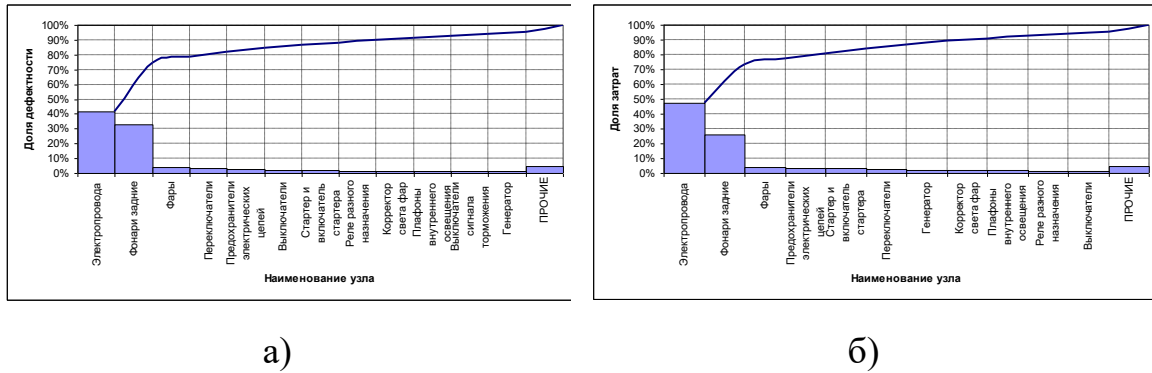


Рисунок 2.15 – Диаграммы распределения уровня дефектности по основным узлам системы электрооборудования (а) и диаграмма распределения затрат на устранение неисправностей (б), по данным цеха выходного контроля качества автомобилей

Следующим этапом контроля готовых автомобилей является выборочный инспекционный контроль. В настоящее время при проведении инспекционного контроля используются стандартизированные алгоритмы оценки качества новых автомобилей глазами потребителей. Реализуются более детализированные проверки, в ходе которых возможно вскрытие дефектов электрооборудования. Рассмотрим инспекционный контроль качества более подробно [7, 9].

Основные параметры реализации инспекционного контроля новых автомобилей представлены в таблице 2.9.

Таблица – 2.9 Выборочный инспекционный контроль качества новых автомобилей

№ п/п	Длительность	Количество контролеров	Цель проверки
1	2	3	4
1.	6 часов	2	Оценить качество продукции с точки зрения потребителя
2.	2 часа	1	Оценить качество продукции с точки зрения потребителя
3.	30 минут	1	Оценить качество продукции с точки зрения потребителя
4.	5 минут	1	Обнаружение очевидных дефектов и несоответствий

Проверка новых автомобилей по 6-ти часовому циклу. Проверка проводится каждый день. Оценивается не более 2 автомобилей в месяц. Проводятся: внешний осмотр, оценка функционирование систем с выездом.

Проверка автомобилей в течение 2-х часов. Заводской контроль с внешним осмотром и коротким выездом для оценки функционирования основных систем. Менее подробная и детализированная проверка. Проверяется не более 2 автомобилей в день.

Проверка автомобилей в течение 30-ти минут. Внешний осмотр и проверка функционирования основных систем без длительного выезда. Проверка выборочная – не более 10% автомобилей от суточного выпуска. В случае запуска новой продукции в производство применяется для 100% продукции.

Проверка автомобилей в течение 5-ти минут. Быстрая проверка автомобилей на предмет выявления внешних наиболее массовых (видовых) дефектов. Контроль качества до 100% от выпуска продукции.

Уровни оценок при проведении инспекционного контроля представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Уровни оценок при проведении инспекционного контроля качества готовых автомобилей

№ п/п	Оценка	Определение	Отзывы потребителей
1	2	3	4
1	V1+	Дефект, препятствующий безопасной эксплуатации автомобилей	Значительный
2	V1	Дефект, обнаружив который потребитель выразит недовольство и потребует ремонт	Очень беспокоящий
3	V2	Дефект, обнаружив который потребитель выразит недовольство и отразит это в потребительской анкете	Достаточно беспокоящий
4	V3	Дефект, который потребитель возможно обнаружит, но отнесется терпимо	Не тревожащий

Перечень систем автомобиля, подлежащих оценке при инспекционном контроле, включает [7, 9]: климатическую установку; дисплей; кузов; тормозную систему; ДВС; электрооборудование; подкапотное пространство; экстерьер; интерьер; открывающиеся части; качество окраски; повреждения окраски; шумы; подвеска и управляемость; трансмиссия; зона под кузовом; герметичность; аэродинамические шумы.

В качестве примера на рисунке 2.16 представлено распределение зон кузова автомобиля на классы оценок.

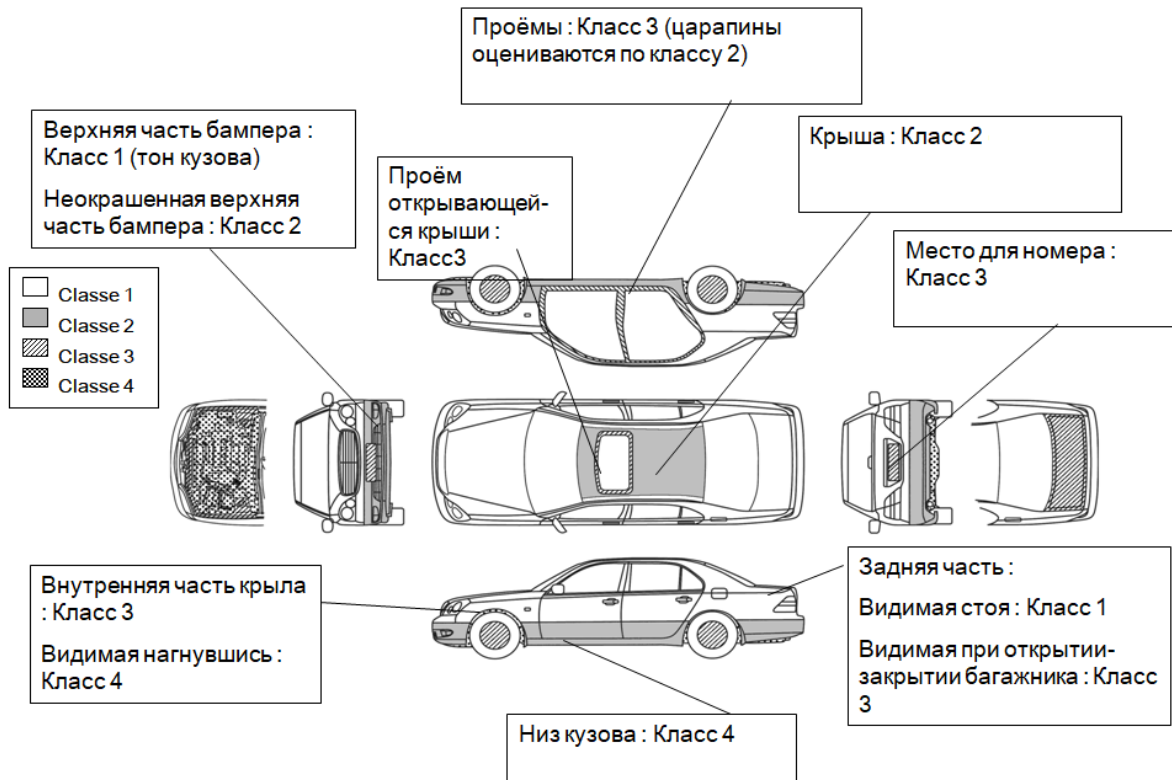


Рисунок 2.16 – Распределение зон кузова автомобиля по классам оценки качества при реализации инспекционного выходного контроля

На рисунке 2.17, представлена часть таблицы с результатами инспекционного контроля качества новых автомобилей глазами потребителей. Как видно, при проведении инспекционного контроля качества дефекты электрокомпонентов не регистрируются. В перечне несоответствий, в основном, и это вытекает из принципов организации данной формы контроля, фиксируются видовые дефекты новых автомобилей.

	A	B	C	E	F	G	H	I
	Код инцидента	Код элемента	Раздел стандарта		Описание несоответствия	21970/ дата выпл. 15.09.19/ см./ выпл. - / цвет - / шаг -	21971/ дата выпл. 20.09.19/ см./ выпл. - / цвет - / шаг -	21972/ дата выпл. 20.09.19/ см./ выпл. - / цвет - / шаг -
1								
2	0011	4003	BD-01	ЛПД	выступление относительно ЛЗД			V3
3	0011	4004	BD-01	ППД-рамка	выступление отн ПЗД			V3
4	0011	4015	BD-01	ЛПД	неравномерное выступление отн. ЛЗД	V3		
5	0011	4916	EX-01	фонарь задний правый	выступление по ПЗК		V3	
6	0011	4939	EX-01	бампер передний	выступление по ЛПК		V3	
7	0021	4013	BD-01	ЛПД	неравномерное утопление отн. крыла			V2
8	0021	4917	EX-01	бампер задний	утопление относительно ЛЗК			V3
9	0021	4014	BD-01	ППД	неравномерное утопление относительно ППК	(V3)		(V2)
10	0022	4029	BD-01	дверь задка	неравномерное утопление по крыше		V2	
11	0022	4929	EX-01	левая блок-фара	неравномерное утопление относительно крыла	V2		
12	0030	4079	BD-02	рамка ЛПД	неравномерный зазор с крышей	V3		
13	0030	6726	IN25-02	подушка заднего сидения	неприлегание	V2		
14	0060	4013	BD-02	ЛПД	клиновой зазор отн. ЛПК		V3	
15	0060	4030	EX-15	ЛЗД-рамка	неравномерный зазор отн ромбического окна			V3
16	0060	4925	EX-15	дверь задка	неравномерный зазор с бампером слева		V3	
17	0060	5298	EX-15	облицовка РВО	неравномерный зазор с крылом	V3		
18	0070	3643	IN25-01	ручной тормоз	плохой центрах (с контактом)			V3
19	0070	4506	BD-02	лючок б/бака	неравномерный зазор			V3
20	0070	4520	BD-02	крышка багажника	плохой центрах относительно крыльев, фонарей			V1
21	0080	4916	EX-15	задние фонари	разность зазоров с бампером			V2
22	0230	4417	BD-04	ЛЗД-рамка	выпуклость			V2
23	0240	4313	BD-04	крыша	деформация	V2		
24	0240	4409	BD-04	ЛПД-короб	деформация			V3
25	0240	4415	BD-04	ЛПД-рамка	деформация			V3
26	0240	4465	BD-04	ЛПД внутренняя панель	деформация рамки		V2	
27	0240	4506	BD-04	люк б/бака	деформация	(V3)		
28	0240	4418	BD-04	ПЗД-рамка	деформация			(V2)
29	1040	4442	P1-09	ППД	неравномерное нанесение мастики		V3	
30	1060	4409	P1-21	ЛПД-внутренняя панель	брызги мастики			V2
31	1180	4210	P1-02	капот	сорность лкп	V3		
32	1180	4214	P1-02	ППК	сорность лкп		V3	
33	1180	4513	P1-02	ЛЗК рамка	сорность лкп		V2	
34	1180	5216	P1-02	бампер задний	сорность лкп		V2	
35	1200	4439	P1-07	болт петли ЛЗД	не окрашен (плохая адгезия)			V1
36	1200	4440	P1-07	болт петли ПЗД, ЛЗД нижний	не окрашен (плохая адгезия)			V1
37	1240	4313	P1-08	крыша	шагрень	V3		
38	1270	5882	P2-01	орнамент-ладья	царапина (дефект литья)			V1

Рисунок 2.17 – Пример основных дефектов, выявляемых при проведении инспекционного контроля качества готовых автомобилей

По результатам теоретического и практического исследования инструментов инспекционного контроля качества можно сделать вывод, что подобные инструменты направлены на проведение оценки качества готовой продукции, исходя, в основном, из поверхностной оценки, касающейся наличия/отсутствия видовых дефектов автомобилей. Отмечаем недостаточную чувствительность таких инструментов при выявлении дефектов электрооборудования на новых автомобилях.

Следующим важным элементом контроля качества электрокомпонентов новых автомобилей являются контрольные испытания электротехнических систем, которые проводятся на весьма



ограниченном количестве автомобилей – не более 2, 3 автомобилей в месяц.

Но прежде чем перейти к обозначенной теме контрольных испытаний, следует выделить одну из наиболее важных научно-технических работ, реализованных в 2006 году специалистами Тольяттинского государственного университета и ОАО «АВТОВАЗ». В работе [82] представлен комплексный инструментарий, направленный на обеспечение качества и оперативности диагностирования автомобильного электрооборудования. В рамках решения задачи был разработан программно-аппаратный комплекс, реализующий оценку качества электрооборудования методом диагностирования, основанным на анализе переходных процессов в электрически цепях автомобильного электрооборудования. В диссертации [82] достаточно подробно представлена реализация предложенного комплекса при диагностике модуля зажигания (катушки зажигания), при этом по остальным электрокомпонентам предложена только классификация по характеру электрической нагрузки: активная; активно-индуктивная; активно-емкостная. В работе даны общие рекомендации по построению системы диагностики, с точки зрения электротехники. В четвертой главе исследования предложен статистический инструментарий по оценке параметров воспроизводимости и стабильности электротехнических параметров, используемых при массовой оценке качества электрокомпонентов.

Следует признать существенную важность проведенного исследования [82]. Однако оно не обеспечивает системного развития процесса контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов в автосборочном производстве, поскольку в плане практической реализации не охватило широкую номенклатуру электрокомпонентов.

Необходимо выделить важный аспект, заключающийся в возможности обеспечения сравнительного анализа качества продукции конкурирующих автосборочных производств. Этот инструмент в настоящее время является крайне актуальным и реализуется посредством применения общей аппаратно-инструментальной базы оценки качества на различных автосборочных предприятиях. Унификация инструментов обеспечивает возможность получения результатов оценки в виде количественных индексов качества, имеющих одинаковую природу.

На основании вышеизложенного в диссертации предлагается использовать принятый в международной практике автомобильного производства инструмент программно-аппаратной диагностики электрокомпонентов, основанный на оценке установившихся значений вырабатываемого напряжения или потребляемого тока.

## 2.6 Инструментарий периодического контроля качества электротехнических систем нового автомобиля

Рассмотрим инструментарий периодического контроля качества электрокомпонентов в составе системы электрооборудования новых автомобилей. Такие испытания реализуются службами инжиниринга на ограниченной партии автомобилей. Как правило, испытания проводятся ежемесячно на новых автомобилях, количество которых не превышает 2, 3 образцов по каждой из выпускаемых автосборочным производством моделей.

Для проведения испытаний в систему электрооборудования вводятся искусственные неисправности, которые впоследствии определяются с помощью специализированных диагностических тестеров. Контроль проводится с целью определения корректности бортовой диагностики с помощью контроллера, в задачи которого входит

распознавание всех, в данном случае –симулированных неисправностей и перевод системы управления двигателем в аварийный режим.

В таблице 2.11 представлен перечень измерительных приборов и оборудования для проведения контрольных испытаний.

Таблица 2.11 – Измерительные приборы и оборудование для проведения испытаний

Название		Серийный №
1	Диагностический прибор ДСТ-12	4473
2	Магазин сопротивлений 0 – 100 КОм	
3	Магазин сопротивлений 0 – 1.55 Ом	
4	Разветвитель сигналов	DK071722

В таблице 2.12 в качестве примера представлены результаты проведения контрольных испытаний системы электрооборудования при симулировании неисправностей отдельных компонентов.

Таблица 2.12 – Симуляция неисправностей в электрических цепях

Эл.цепь	Имитируемая неисправность	Фиксируемый код ошибки	Аварийная реакция								Комментарии	
			Ограничение оборотов	Ограничение оборотов	Обесточивание ЭПДЗ на время	Обесточивание ЭПДЗ до конца	Ограничение мощности	Холостой ход (e <sub>thr</sub> = 0)	Заслонка в положении	Сброс контроллера		
X1L4	Цепь «-» управления электроприводом дроссельной заслонки, обрыв цепи	P1545		+		+						
X1L4	Цепь «-» управления электроприводом дроссельной заслонки, замыкание на массу	P2101, P1545		+		+						

X1L4	Цепь «-» управления электроприводом дроссельной заслонки, замыкание на бортовую сеть	P2101, P1545		+		+					
X1M4	Цепь «+» управления электроприводом дроссельной заслонки, обрыв цепи	P1545		+		+					
X1M4	Цепь «+» управления электроприводом дроссельной заслонки, замыкание на массу	P2101, P1545		+		+					
X1M4	Цепь «+» управления электроприводом дроссельной заслонки, замыкание на бортовую сеть	P2101, P1545		+		+					
X1K2	Сигнальная цепь ДПД31, обрыв цепи	P0122					+				
X1K2	Сигнальная цепь ДПД31, замыкание на бортовую сеть	P0123					+				
X1K2	Сигнальная цепь ДПД31, дополнительное сопротивление в цепи	P2135		+		+					Диагностика срабатывает при $R_{доп} = 36$ КОм
X1J2	Сигнальная цепь ДПД32, обрыв цепи	P0222					+				
X1J2	Сигнальная цепь ДПД32, замыкание на бортовую сеть	P0223, P2123					+				

Отмечаем, что форма контроля качества электрокомпонентов с симуляцией неисправностей в электрических цепях, по сравнению с представленными выше инструментами контроля, в большей степени ориентирована на оценку качества электротехнического комплекса автомобилей, однако в силу существенной ограниченности применения она не способна дать адекватную оценку текущего качества рассматриваемых компонентов в условиях массового производства автомобилей.

Другая форма периодического контроля качества системы электрооборудования предусматривает проведение оценочных испытаний на предмет наличия/отсутствия неисправностей в системе. Осуществляется, также как и в предыдущем случае, службой инжиниринга путем оценки очень ограниченной партии новых автомобилей. Причина ограничений та же – высокая трудоемкость работ.

В качестве примера в таблице 2.13 представлены результаты проведения испытаний по проверке взаимодействия контроллера с автомобильной противоугонной системой.

Таблица 2.13 – Результаты испытаний по проверке взаимодействия контроллера с автомобильной противоугонной системой.

Проверка	Результат
Проверка «чистого» состояния контроллера, иммобилизатор подключен	+
Неполное обучение контроллера и иммобилизатора (состояние системы не изменяется)	+
Полное обучение контроллера и иммобилизатора	+
Пуск двигателя, иммобилизатор подключен (двигатель запускается)	+
Пуск двигателя, иммобилизатор не подключен (быстрый старт: двигатель запускается после ~1 сек прокрутки стартером и глохнет)	+
Проверка функции быстрого старта, иммобилизатор подключен, ключ без транспондера (двигатель запускается и глохнет, реле стартера включается на 3 сек. 5 раз, затем блокируется)	+
Проверка функции быстрого старта, иммобилизатор не подключен, контроллер обучен (быстрый старт срабатывает 5 раз, затем реле стартера блокируется)	+
Проверка обхода иммобилизации, пароль не запрограммирован (лампа МПЛ горит постоянно после включения зажигания)	+
Программирование пароля обхода иммобилизации	+
Ввод правильного пароля обхода иммобилизации (пуск двигателя разрешен до выключения главного реле)	+
Ввод неправильного пароля обхода иммобилизации (пуск двигателя после ввода пароля запрещен, лампа МПЛ мигает)	+
Стирание пароля обхода иммобилизации	+
Проверка функции перезапуска при заглохании двигателя, иммобилизатор отключен при работающем двигателе (пуск двигателя разрешен в течение 10 сек с момента заглохания независимо от разрешения иммобилизатора. По истечении 10 сек пуск запрещен)	+
Проверка функции перезапуска при заглохании двигателя, иммобилизатор подключен, ключ без транспондера (пуск двигателя разрешен в течение 10 сек с момента заглохания независимо от разрешения иммобилизатора. По истечении 10 сек. - пуск двигателя в зависимости от состояния иммобилизатора)	+

Представленные в таблице 2.13 результаты испытаний новых автомобилей в полной мере свидетельствуют о заточенности рассматриваемого инструмента контроля под систему электрооборудования. Однако, также как и в предыдущем случае, основным недостатком инструмента является невозможность его широкого применения в условиях массового автомобильного производства.

Рассматривая инструменты контроля качества электрокомпонентов в составе нового автомобиля, невозможно обойти вниманием активно

развивающийся в настоящее время инструмент оценки качества автотранспортных средств по параметрам электромагнитной совместимости, который рассмотрим далее.

## 2.7 Инструменты контроля качества автомобилей по параметрам электромагнитной совместимости БЭК

В последние десятилетия, в силу роста значимости электрокомпонентов в конструкции современных автомобилей, актуализировалась проблема обеспечения электромагнитной совместимости в бортовой сети. Возникла задача по созданию инструментария по оценке качества автомобилей по параметрам электромагнитной совместимости [60, 64, 72, 80, 81, 104, 105].

Тестирование на помехоустойчивость к электромагнитному воздействию выборки автомобилей с установленными на них электротехническими системами – задача с высокой трудоемкостью, требующая значительных ресурсов, а также наличия специализированных лабораторий.

Для автомобилей гражданского назначения уровни тестовых воздействий адекватно распространить из МЭК 61000-2-13. Также в ГОСТ Р 54618-2011 регламентированы методы тестирования на электромагнитную совместимость.

Вероятностная модель оценки соответствия требованиям помехоустойчивости электротехнических систем для партии автомобилей по результатам контрольного тестирования ограниченной выборки содержит Гауссовский закон распределения. Рассчитывается вероятность соответствия электрокомпонентов требованиям электромагнитной совместимости партии автомобилей одной модели и одинаковой комплектации [80, 81].

$$P_{ATC} = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sqrt{\frac{(n-1)S^2}{\chi^2_\alpha}}} \int_{E_{np}}^{\infty} e^{-\frac{\left[E - \left(\bar{E}_{\min} - t_\alpha \frac{S}{\sqrt{n}}\right)\right]^2}{\frac{2(n-1)S^2}{\chi^2_\alpha}}} dE, \quad (2.11)$$

где  $E_{np}$ ,  $E_{\min}$  – предельно допустимый и наименьший уровни помехоустойчивости для электротехнических систем автомобилей (напряженность электромагнитного поля предельная, минимальная),  $n$  – объем выборки,  $S^2$  – дисперсия,  $\chi^2$  – коэффициент распределения.

Наглядные результаты реализации инструмента контроля качества автомобилей по параметрам электромагнитной совместимости представлены на рисунке 2.18 в виде диаграмм отклонений характеристик помехоустойчивости от установленного в ТУ предельно допустимого уровня помехоустойчивости для 3 автомобилей одной модели.

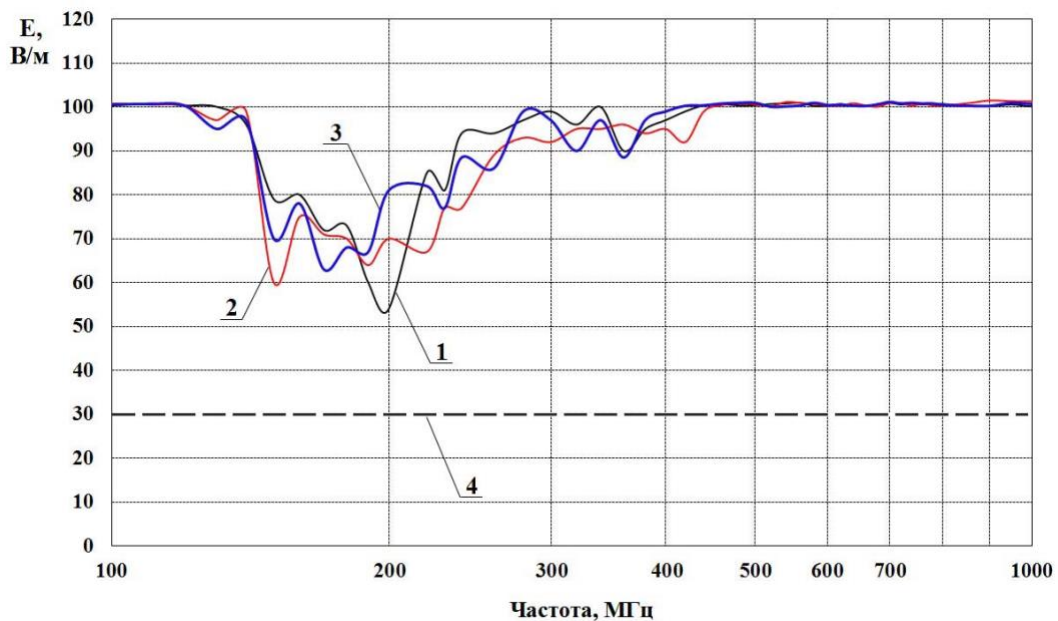


Рисунок 2.15 – Характеристики помехоустойчивости автомобилей: 1 – №1; 2 – №2; 3 – №3; 4 – предельно допустимый уровень помехоустойчивости

Анализ представленных теоретических и практических результатов применения статистического инструментария контроля качества новых автомобилей по параметрам электромагнитной совместимости



показывает, что данный инструментарий обладает значительным потенциалом развития благодаря активному росту системы электрооборудования в конструкциях современных автомобилей. Недостатком инструмента оценки качества, также как и у представленных выше инструментов, является существенная ограниченность применения, так как испытания проводятся не более чем на 2, 3 образцах автомобилей в месяц. Кроме этого существуют ограничения, связанные со значительной дороговизной измерительного оборудования, задействованного в контрольных испытаниях, а также необходимостью создания соответствующей специализированной лаборатории [80, 81].

Переходим к заключительному действующему инструменту контроля качества, который может фиксировать дефекты электрокомпонентов новых автомобилей, – ресурсные испытания подконтрольных групп автомобилей на надежность.

## 2.8 Подконтрольные группы автомобилей и ресурсные испытания на надежность

Основной целью сбора информации о надежности автомобилей и их элементов в эксплуатации является получение 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.

Основными задачами сбора информации являются: выявление конструктивных и технологических недостатков изделия, снижающих его надежность, а также недостатков в организации техобслуживания и ремонта; определение объективных численных значений показателей

надежности автомобилей; оценка ресурса деталей, узлов и агрегатов автомобилей в условиях реальной длительной эксплуатации автомобилей потребителями; выявление элементов, ограничивающих (лимитирующих) надежность автомобилей; определение причин возникновения неисправностей; корректирование номенклатуры и норм расхода запасных частей; уточнение критериев отказов и предельных состояний автомобилей; выявление влияния реальных условий и режимов эксплуатации на надежность автомобилей.

Организацию сбора, накопления и хранение информации о надежности автомобилей в эксплуатации у потребителей осуществляет специализированное управление автосборочного производства, отвечающее за направление деятельности – техническое обслуживание и ремонт автомобилей в эксплуатации.

Источниками информации о надежности автомобилей и его составных частей являются: автомобили, находящиеся в личном пользовании граждан, которые интенсивно эксплуатируют; анализ баз данных предприятий фирменного автосервиса по послегарантийному обслуживанию автомобилей; подконтрольные автомобили, находящиеся на эксплуатационных испытаниях; материалы опроса владельцев автомобилей.

Организация сбора информации об эксплуатационной надежности по автомобилям, находящимся в личном пользовании граждан.

Сбор информации о надежности в эксплуатации производится в различных климатических зонах на всех предприятиях фирменного автосервиса, заключивших договор о гарантийном обслуживании автомобилей. Группы подконтрольных автомобилей формируют из автомобилей одной модели и одного года выпуска. Число автомобилей в группе определяется в соответствии с необходимостью обеспечения

репрезентативности выборки, что необходимо для проведения статистического анализа и оценки показателей надежности. Владельцам подконтрольных автомобилей, находящимся в различных климатических зонах, по запросам предприятий фирменного автосервиса в специализированное управление автопроизводителя выдается персональная учетная карта.

Разработку программного обеспечения на сбор, сопровождение и хранение информации в виде базы данных о неисправностях автомобилей в эксплуатации осуществляет специализированное управление автосборочного производства, занимающееся разработкой корпоративного программного обеспечения.

Сбор информации об эксплуатационной надежности подконтрольных автомобилей производят инженерно-технические работники предприятий фирменного автосервиса на основе: обработки ремонтной документации, контроля и анализа отказавших узлов и деталей; опроса водителей (владельцев), слесарей по ремонту автомобилей.

По полученным данным инженеры предприятий фирменного автосервиса заполняют электронные карты, по форме и содержанию соответствующие актам гарантийного обслуживания, с внесением кода операции, определяющего сбор данных о надежности автомобилей подконтрольной группы.

Передача электронных актов гарантийного обслуживания подконтрольных автомобилей от предприятий фирменного автосервиса осуществляется в специализированное управление автосборочного предприятия, отвечающего за направление технического обслуживания и ремонта, по электронным каналам связи. Анализом информации электронных актов гарантийного обслуживания по подконтрольной

группе автомобилей занимается инженерно-технический центр, дирекция по качеству и управление по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей в эксплуатации.

В послегарантийный период при обнаружении на автомобиле в эксплуатации неисправностей, которые влияют на безопасность движения, техническая служба предприятий фирменного автосервиса направляет срочное сообщение о неисправности в адрес подразделений службы качества автосборочного предприятия и неисправный узел или деталь высылают с телеграфным уведомлением реквизитов отправки.

После получения информации узлов и деталей служба качества автосборочного предприятия организует проведение комиссионного обследования и установления предварительной причины неисправности с определением дальнейшего маршрута для окончательного исследования.

Исследование причин неисправности проводят в срок не более 20-дневной после передачи узлов и деталей, при проведении комплексных лабораторных исследований срок увеличивается до 30 дней.

После окончания исследования подразделения службы качества составляют протокол по результатам исследования причин и рассылают его заинтересованным подразделениям.

Все затраты по сбору и обработке информации по эксплуатации автомобилей, анализу вышедших из строя деталей, узлов и агрегатов, несет автосборочное предприятие по факту выполненных работ.

Организация сбора материалов по опросу владельцев автомобилей индивидуального пользования.

Периодически, не реже одного раза в год, управление по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей проводит опрос

владельцев (анкетирование) в различных климатических зонах на предприятиях фирменного автосервиса по техническому обслуживанию, ремонту и отказам деталей, узлов и систем автомобиля.

Анкетирование проводится работниками автосборочного предприятия или работниками гарантийной службы предприятия фирменного автосервиса, а также с помощью инструментов «горячих линий». Данные анкетирования заносятся в базу данных сервера автопроизводителя.

Управление автопроизводителя по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей производит сбор, хранение и обработку информации о неисправностях автомобилей в электронной базе данных.

Организация электронной базы данных для хранения накопленной информации должна обеспечивать оперативный розыск информации по отдельным вопросам, доступность информации по разрешению управления по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей представителям служб, производств автосборочного предприятия для осуществления выборки необходимой информации при проведении анализа причин неисправностей и расчета показателей надежности, заложенных в технической документации на данную деталь, узел, автомобиль.

Управление по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, инженерно-технический центр, подразделения службы качества проводят анализ, оценку надежности подконтрольных автомобилей на основе статистических данных отдельно по каждой подконтрольной группе на предприятиях фирменного автосервиса и ежеквартально оформляет отчет.

Перечень неисправностей (несоответствий), требующих ускоренного устранения на автомобилях, а именно: по безопасности

движения автомобилей; по затратности для потребителя; по потребительским свойствам автомобиля.

В качестве примера рассмотрим результаты ресурсных испытаний подконтрольной группы автомобилей популярной марки производства одного из лидеров российского автомобильного рынка. По результатам анализа надежности автомобилей производства 2018 г. в ходе ресурсных испытаний за пробег 240 тыс. км, выявлены неисправности, основные причины которых представлены на рисунке 2.19.



Рисунок 2.19 – Диаграмма распределения причин неисправностей по результатам ресурсных испытаний подконтрольной группы автомобилей

Анализ диаграммы, представленной на рисунке 2.19, 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).

Выявленные в ходе испытаний отказы автомобилей:

1. Неполное включение сцепления, из-за нарушения условий эксплуатации диска сцепления нажимного;
2. Неполное включение сцепления из-за естественного износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления;
3. При включении зажигания не горит лампа сигнализатора разряда аккумуляторной батареи из-за отказа генератора, регулятор которого изготовлен по обходной технологии – запрессовки крепежных втулок вместо их заливки;
4. Низкие обороты при запуске двигателя из-за разрядки аккумуляторной батареи, ресурс батареи выработан;
5. Двигатель заглох при движении автомобиля по трассе из-за обрыва проводов жгута. На данном жгуте было произведено удлинение отвода к генератору. При ремонте использовались запасные части и оборудование, не позволяющие качественно провести доработку жгута. Отремонтированные жгуты не подлежат оценке при повторном обрыве отвода к генератору при проведении дальнейших испытаний;
6. Неисправность системы зарядки аккумулятора из-за ошибки при монтаже комбинации приборов;
7. Неисправность термостата из-за естественной выработки ресурса термосилового элемента;
8. Неисправность насоса водяного из-за значимого превышения длительности эксплуатации сверх установленного ресурса узла;
9. Неполное включение сцепления из-за естественного износа фрикционных накладок ведомого диска сцепления;
10. Обрыв троса сцепления из-за усталостного излома нитей каната троса при пробеге, превышающем заявленный ресурс изделия;

11. Стук амортизатора задней подвески из-за течи жидкости, по причине естественного износа.

Таким образом, из 11 позиций отказов в ходе ресурсных испытаний подконтрольной группы автомобилей, 4 позиции так или иначе связаны с неисправностями электрокомпонентов (3, 4, 5, 6 позиции списка).

Средняя наработка на отказ за суммарный пробег составляет 22749 км (по ТУ не менее 20000 км). Интервальные оценки для средней наработки на отказ при доверительной вероятности 0,9: нижняя—18600 км; верхняя –26898 км.

Оценка надежности компонентов автомобилей проведена с учетом возникших в период испытаний неисправностей соответствующих узлов и агрегатов и приведена в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Оценка надежности компонентной базы автомобилей

№ п/п	Наименование агрегата или узла автомобиля (причина/кол-во отказов)	Фактическая оценка безотказности: - $T_{cp}$ – средняя наработка до отказа (тыс.км) - $T_{90\%}$ - 90% наработка до отказа (тыс.км) - $P_{50,120}$ – вероятность безотказной работы за 50 тыс.км. (гарантия), 120 тыс.км. (установленный ресурс)	Требования ТУ (тыс.км)
1	2	3	4
1	Ремень генератора (трещины, расслоение)	$T_{cp} = 31,05$ $T_{90\%} = 10,2$ $P_{50} = 0,28$	$T_{cp} = 90$
2	Кронштейн генератора (трещина, излом)	$T_{cp} = 96,4$ $T_{90\%} = 27,9$ $P_{50} = 0,66$	$T_{cp} = 120$
3	Электробензонасос (отказ)	$T_{cp} = 144,5$ $T_{90\%} = 123,6$ $P_{120} = 0,89$	$T_{cp} = 120$
4	Катколлектор (отказ)	$T_{cp} = 151,4$ $T_{90\%} = 65,4$ $P_{120} = 0,82$	$T_{cp} = 120$
5	Клапан продувки адсорбера (отказ)	$T_{cp} = 119,7$ $T_{90\%} = 41,2$ $P_{50} = 0,67$	$T_{cp} = 120$
6	Подушка подвески системы выпуска (разрушение)	$T_{cp} = 52,6$ $T_{90\%} = 24,7$ $P_{50} = 0,35$	$T_{cp} = 100$
7	Термостат (отказ)	$T_{cp} = 189,2$ $T_{90\%} = 123,5$ $P_{120} = 0,93$	$T_{cp} = 100$



8	Диск нажимной (износ)	$T_{cp.} = 123,8$ $T_{90\%} = 110,4$ $P_{120} = 0,78$	$T_{cp.} = 120$
9	Диск ведомый (износ)	$T_{cp.} = 130,2$ $T_{90\%} = 73,2$ $P_{120} = 0,96$	$T_{cp.} = 120$
10	Приводы передние (износ шрус)	$T_{cp.} = 194,8$ $T_{90\%} = 69,6$ $P_{120} = 0,76$	$T_{cp.} = 120$
11	Рычаг задней подвески (трещина)	$T_{cp.} = 164,4$ $T_{90\%} = 138,4$ $P_{120} = 0,93$	$T_{cp.} = 120$
12	Амортизатор задней подвески (износ)	$T_{cp.} = 203,1$ $T_{90\%} = 82,5$ $P_{120} = 0,77$	$T_{cp.} = 100$
13	Подшипник ступицы переднего колеса (износ)	$T_{cp.} = 163,5$ $T_{90\%} = 96,5$ $P_{120} = 0,85$	$T_{cp.} = 100$
14	Тяга рулевой трапеции (коррозия)	$T_{cp.} = 119,1$ $T_{90\%} = 67,2$ $P_{120} = 0,54$	$T_{cp.} = 120$
15	Вал рулевого управления в сборе (люфт в шарнирах)	$T_{cp.} = 128,9$ $T_{90\%} = 60,6$ $P_{120} = 0,57$	$T_{cp.} = 120$
16	Диск тормозной (износ)	$T_{cp.} = 145,2$ $T_{90\%} = 63,1$ $P_{120} = 0,66$	$T_{cp.} = 80$
17	Генератор (отказ)	$T_{cp.} = 94,8$ $T_{90\%} = 26,2$ $P_{50} = 0,68$	$T_{cp.} = 120$
18	Отопитель в сборе (отказ)	$T_{cp.} = 116,4$ $T_{90\%} = 36,6$ $P_{50} = 0,87$	$T_{cp.} = 120$

Также по результатам технической экспертизы кроме рычагов задней подвески достигли предельного состояния следующие узлы:

- блок-фары (пробег 166064 – 169858 км): не соответствуют светотехнические характеристики; не работают электрокорректоры; потемнение колбы лампы габаритного огня; обгорание патрона габаритного огня; помутнение рефлектора дальнего света; абразивный износ наружной поверхности рассеивателя.

- задние фонари (пробег 242764 – 247058 км): не соответствуют по светотехническим характеристикам; абразивный износ на внешней поверхности рассеивателя; деформирование патронов лампы.

Основные выводы по результатам ресурсных испытаний подконтрольной группы автомобилей: надежность автомобилей и его агрегатов и узлов по результатам ресурсных испытаний автомобилей в объеме 240 тыс. км пробега оценивается удовлетворительно; по результатам технической экспертизы узлов и агрегатов автомобилей по окончании испытаний выявлено достижение предельного состояния задней подвески, по причине трещин на рычагах задней подвески в месте крепления нижнего шарнира амортизатора, а также блок-фар и задних фонарей, остальные основные агрегаты и узлы не достигли предельного состояния.

По оценке надежности составных частей автомобилей выявлено несоответствие фактической средней наработки до отказа требованиям ТУ следующих узлов, деталей автомобиля: ремень генератора; кронштейн генератора; клапан продувки адсорбера; подушка подвески системы выпуска; тяга рулевой трапеции; генератор; отопитель.

Таким образом результаты применения рассмотренного инструмента контроля качества позволяют заключить, что электрооборудование составляет значимую часть компонентной базы автомобилей, обладающую повышенным уровнем отказов при длительной эксплуатации. Среди соответствующих изделий выделяются: генератор; отопитель; пучки проводов; электробензонасос; электрокорректоры фар и т.д.

Однако ресурсные испытания подконтрольной группы автомобилей, как инструмент оценки качества продукции в массовом производстве, также как представленные выше инструменты, весьма ограничен в применении и может быть использован, в основном, для оценки надежности с целью реализации комплексных мероприятий, направленных на повышение соответствующих показателей новых, еще не выпущенных автомобилей.

## 2.9 Выводы по главе

Проведенный анализ этапов проведения контрольных мероприятий по оценке качества электрокомпонентов в автосборочном производстве очень четко показывает отсутствие в представленном спектре необходимого инструментария, который обеспечивает функцию массового контроля на финишном этапе производства, когда автомобиль в сборе и электротехнический комплекс (система электрооборудования) в полной мере находится в составе автомобиля.

Важным выводом второй главы диссертации является то, что существующие нормативные документы, определяющие технические требования и технические условия на электрокомпоненты, не учитывают возможные требования при совместной эксплуатации электрокомпонентов БЭК новых автомобилей в сборе. С учетом этого вывода требуется комплексная работа по формированию соответствующего раздела в ТТ, ТУ и других документах, учитывающих технические параметры, определяющие качество работы электрокомпонентов в составе системы электрооборудования.

Результаты исследования действующих инструментов оценки качества компонентов электрооборудования и электроники в автосборочном производстве позволяют сформулировать ряд важных выводов:

1. Теоретический и практический анализ существующих инструментов контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов в действующем автосборочном производстве показывает, что данные инструменты не в полной мере обеспечивают оценку качества электротехнических и электронных компонентов. Основной причиной этого является сложность конструкции соответствующей компонентой

базы и трудоемкость их применения в условиях массового автомобильного производства;

2. Полученные данные по результатам исследования качества автомобилей в период гарантийной эксплуатации и результаты исследования позиций дефектов, вскрываемых в процессе автомобильного производства, с позиций перечня электрокомпонентов имеют слабые связи. По сути, данные имеющие высокий уровень приоритетности и отражающие дефектность электрокомпонентов автомобилей в эксплуатации имеют слабую корреляционную связь с данными, отражающими дефектность, выявляемую в процессе производства автомобильной техники, что свидетельствует о недостаточной эффективности организации системы контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в действующем производстве автомобилей. Из ТОП-20 дефектов гарантийной эксплуатации 13 связаны с дефектами электрокомпонентов (более 50%), в то же время из 8 ТОП-позиций дефектов в поставке только 2 (25%) позиции связаны с дефектами электрокомпонентов. По данным цеха выходного контроля качества порядка 20% дефектов и затрат на их устранение связаны с системой электрооборудования, в то же время по данным гарантийной эксплуатации до 40 % дефектов и затрат на их устранение связано с системой электрооборудования.

3. Выявленные в ходе комплексных исследований недостатки действующей системы контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов в действующем производстве автомобилей позволяют сформулировать научную задачу, направленную на разработку и реализацию модернизированной концепции применения в условиях массового автомобильного производства статистических инструментов контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов в составе автотранспортного средства.

### 3. МОДЕРНИЗИРОВАННАЯ КОНЦЕПЦИЯ МЕТОДИКИ И ИНСТРУМЕНТАРИЯ СТАТИСТИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫХ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОКОМПОНЕНТОВ В АВТОСБОРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

#### 3.1 Актуализация проблемы развития статистически управляемых процессов в автосборочном производстве

Полученные в первой и второй главах диссертации результаты, показывают явную недостаточность используемого в настоящее время производственного инструментария при организации процесса контроля и мониторинга качества электрокомпонентов автомобилей в действующем производстве.

С одной стороны, решение выделенной научно-технической задачи определяется необходимостью разработки и внедрения методов статистического контроля качества продукции на производственных этапах, где фиксируется их недостаточность. В нашем случае, с учетом массовости автомобильного производства и необходимости разработки и реализации инструментов оценки качества электрокомпонентов в составе системы электрооборудования, решение поставленной задачи состоит в создании статистических инструментов контроля и мониторинга качества электрооборудования на финишных сборочных операциях, когда все компоненты электрооборудования уже установлены и можно проводить соответствующие операции контроля.

С другой стороны, к поставленной задаче необходимо подойти несколько шире. Требуется провести системный анализ состояния производственных процессов автосборочного производства, с точки зрения его охвата инструментами статистического управления качеством, и в первую очередь техпроцессов, которые непосредственно связаны с установкой электрокомпонентов в состав ДВС, кузова автомобиля и т.д. В этом случае появляется более полное представление о состоянии

производственных процессов с позиции выделенной научно-технической проблемы. Далее, необходимо предложить формализованный инструмент (стандарт предприятия), определяющий основные требования к порядку проведения работ при статистическом управлении процессами. После этого можно предложить научно-практический инструментарий мониторинга и контроля качества электрокомпонентов.

На примере одного из национальных ведущих автопроизводителей проведем исследование состояния производственных процессов (рисунок 3.1). По данным за 2018г. доля статистически управляемых процессов в подразделениях автосборочного предприятия составила значения в соответствии с данными рисунка 3.1: сборочно-кузовное производство (СКП); механосборочное производство (МСП); металлургическое производство (МтП); прессовое производство (ПрП); производство пластмассовых изделий (ППИ); производство технологического оборудования и оснастки (ПТОО). Данные собраны на основе информационных систем производственно-технологического управления (ПТУ).

Производ.	Февр.	Март	Апр.	Май	Июнь	Июль	Авг.	Сент.	Окт.	Нояб.	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
МтП	85	-	57	100	100	85		78	60	40	79	77
ПрП	68	67	0	85	75	54		82	43	17	22	51
ППИ	80	80	85	87	78	75		85	90	78	85	82
ПТОО	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 3.1 – Доля статистически управляемых процессов по подразделениям автосборочного производства

При рассмотрении данных, представленных на рисунке 3.1, следует исходить из того, что установленный норматив обеспечения статистически управляемых процессов в каждом из подразделений различен (рисунок 3.2).

Производство	2018 год	Февраль 2019 г.
СКП	6835	5434
МСП	73	109
МтП	6	14
ПрП	24	10
ППИ	35	6
ПТОО	4	4

Рисунок 3.2 – Количество параметров технологических процессов, подвергаемых статистическому управлению

Как видно (рисунок 3.2), наибольшее количество параметров технологических процессов, подвергаемых статистическому управлению, закреплено за СКП, далее располагаются в порядке уменьшения МСП, МтП, ПрП, ППИ, ПТОО.

С позиций нашего исследования, касающегося развития статистических инструментов контроля и мониторинга качества автомобильных электрокомпонентов, представленные данные (рисунки 3.1 и 3.2) 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%.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает полученные ранее данные о необходимости развития инструментов статистического контроля и мониторинга качества в автосборочном

производстве в целом, а также развития соответствующих инструментов по базе электрооборудования автомобилей, в частности.

В частности, важным выводом по результатам первичного рассмотрения вопроса является то, что, к сожалению, на отечественных автосборочных предприятиях сложился недостаточный уровень статистически управляемых процессов. Среднее значение процессов, имеющих статус статистически управляемых, соответствует 63%. Есть два направления решения выделенной проблемы. Первое – общее, заключающееся в придании системности решению вопроса обеспечения роста уровня статистически управляемых процессов в машиностроительном производстве за счет разработки и реализации соответствующего стандарта системы менеджмента качества. Второе направление, выделенное ранее, заключается в решении научно-прикладной задачи обеспечения качества электрокомпонентов в автосборочном производстве за счет разработки статистического инструментария мониторинга и контроля качества электрооборудования автомобилей.

### 3.2 Разработка методики обеспечения статистически управляемых процессов в автосборочном производстве

Выделенная выше проблема предопределяет необходимость создания методики обеспечения статистически управляемых процессов в автосборочном производстве, что позволяет повысить роль и значимость статистически управляемых производственных процессов как важнейшего элемента обеспечения производственного качества продукции.



Графическая функциональная модель методики статистически управляемых процессов в автосборочном производстве может быть представлена в виде, предложенном на рисунке 3.3. Модель построена с использованием методологии функционального моделирования IDEF0.

В модели (рисунок 3.3), дирекция по качеству осуществляет директивное и методическое руководство при выборе и применении статистических методов в подразделениях автосборочного предприятия. Подразделения определяют области применения статистических методов, разрабатывают, документируют и выполняют процедуры применения статистических методов. При необходимости дирекция информационных систем обеспечивает автоматизацию применения статистических методов.

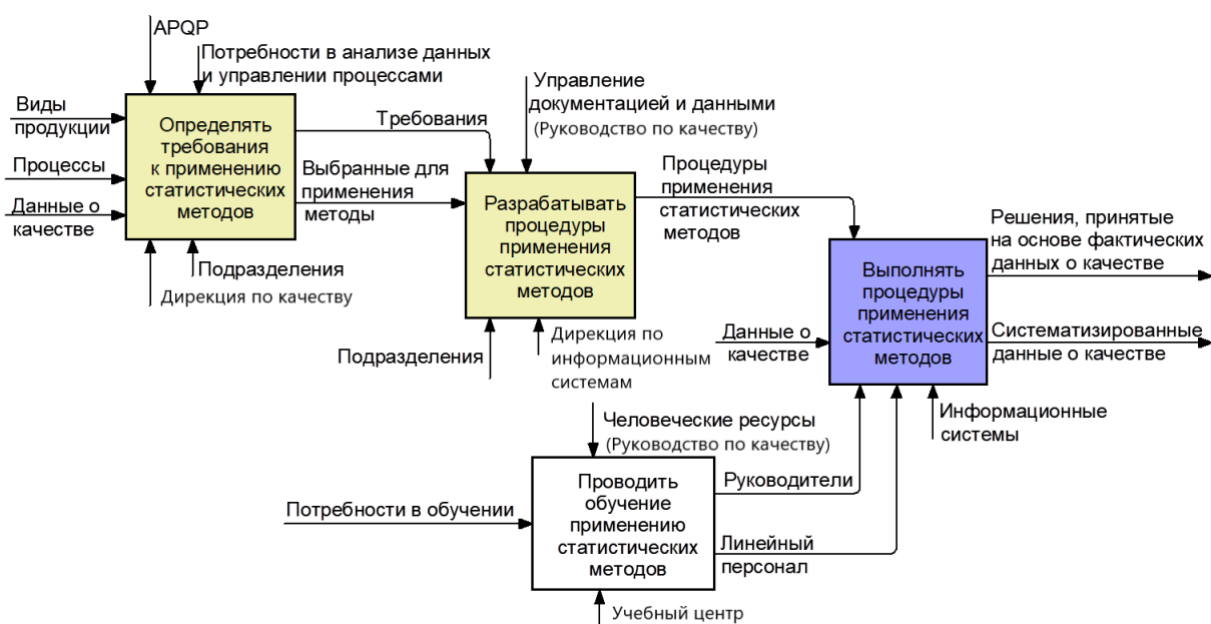


Рисунок 3.3 – Этапы методики обеспечения статистически управляемых процессов в автосборочном производстве

Внедрение инструментов статистического управления процессами реализуется в процессах предприятия автопроизводителя: при изучении рынка, проектировании и подготовке производства – подразделениями службы вице-президента по маркетингу, сбыту и техническому

обслуживанию автомобилей и подразделениями дирекции технического развития; при оценке и управлении – поставщиками; при определении планов входного контроля материалов и комплектующих изделий – дирекцией по качеству, дирекцией по закупкам и подразделениями-потребителями продукции внешней поставки; при анализе качества автомобилей и автомобильных компонентов, при планировании нормативных значений показателей качества продукции подразделений – дирекцией по качеству и службами качества подразделений; при анализе причин дефектов и несоответствий продукции, процессов, СМК и планировании корректирующих и предупреждающих действий – подразделениями автосборочного производства.

Статистические методы применяются также производственными подразделениями – при регулировании параметров технологических процессов производства, при приемке в эксплуатацию технологического оборудования, планировании проведения его технического обслуживания, наладки, подналадки, а также при проведении контроля и испытаний продукции (согласно картам контроля, технологическим процессам, методикам испытаний и т.д.).

Для технологических процессов применение статистических методов планируется на этапе разработки технологической документации и внедряется в ходе подготовки производства, согласно положениям APQP.

В автосборочном производстве должны регламентироваться формы и области применения следующих основных статистических методов: контрольные карты; гистограммы; расслоение; причинно-следственные диаграммы; диаграммы Парето; диаграммы рассеяния; контрольные листки; вычисление статистических характеристик (среднего значения, среднеквадратичного отклонения, коэффициента вариации, индексов воспроизводимости  $C_p$ ,  $C_{pk}$  и др.).

Знание основных статистических понятий и правильное применение статистических методов обеспечивается путем обучения персонала и разработки документации.

Деятельность по мониторингу и измерениям качества в СМК автосборочного предприятия включает: оценку удовлетворенности потребителей; проведение аудитов СМК I, II и III уровней; мониторинг и измерение процессов; мониторинг и измерение продукции.

Цель выполнения деятельности по мониторингу и измерению качества – сбор полной и объективной информации, необходимой для демонстрации соответствия требованиям и для принятия эффективных управленческих решений.

Удовлетворённость потребителей. Хозяином процесса «Измерение и мониторинг удовлетворенности потребителей» является начальник управления по удовлетворенности потребителей. В соответствии с информацией о восприятии потребителями деятельности автосборочного предприятия выполняется следующее: планирование производственно-хозяйственной деятельности автосборочного производства и обеспечение выполнения заказов; формирование и реализация политики в таких областях как организация и развитие сбытовой и сервисной сети на внутреннем рынке, организация и развитие экспортной деятельности; планирование корректирующих действий и необходимых изменений в СМК.

Удовлетворенность потребителей также постоянно отслеживается с помощью контрольных показателей производственно-хозяйственной деятельности, комплекса технико-экономических показателей качества (КПК).

КПК включает показатели (установленные для соответствующих подразделений), характеризующие функционирование процессов

менеджмента, процессов жизненного цикла продукции и процессов менеджмента ресурсов. В том числе КПК включает:

1. Показатели удовлетворенности внешних потребителей – технико-экономические показатели качества автомобилей:
  - по данным гарантийного ремонта и обслуживания;
  - по данным предпродажной подготовки;
  - по данным оценочного осмотра автомобилей (выполняемого, с точки зрения потребителя, персоналом дирекции по качеству (ДпК)).
2. Показатели удовлетворенности внутренних потребителей – технико-экономические показатели качества продукции (как автомобильной тематики – автомобильных компонентов, так и технологического оборудования, оснастки, инструмента и т.д.):
  - по данным об уровне дефектности продукции подразделений на готовом автомобиле при проведении окончательного контроля и испытаний в цехах выходного контроля и отгрузки автомобилей потребителям;
  - по данным о претензиях подразделений потребителей;
  - по данным оценочного осмотра продукции, выполняемого персоналом дирекции по качеству;
3. Показатели качества технологических процессов изготовления продукции.

### 3.3 Разработка проекта стандарта системы менеджмента качества автосборочного предприятия «Статистически управляемые процессы»

Целью стандарта 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.

Лозунг СУТП – предупреждение вместо обнаружения, т.е. при применении СУТП происходит переход от стратегии обнаружения несоответствий к стратегии их предупреждения, что позволяет избежать возможных потерь, связанных с изоляцией несоответствующей продукции, ее разбраковкой, переработкой и т.п.

Концепция СУТП предусматривает переход от контроля качества изделий к управлению качеством процессов, т.е. дает возможность оценить изменчивость процессов и продукции и принять управленческие решения. При этом критерием качества процесса является его стабильность или статистическая управляемость.

Целью системы управления процессами является принятие экономически верных решений, направленных на действия над процессами. Статистические методы управления процессами являются инструментом для принятия экономически верных управляющих решений.

Цель статистического управления технологическими процессами – уменьшение вариаций процесса, которое достигается исключением особых причин изменчивости и снижением влияния вариаций, обусловленных обычными причинами.

Особые причины устраняются локальными действиями, которые осуществляет команда специалистов, занятых координацией статистического управления процессами в подразделении, при необходимости привлекая к решению проблемы руководство.

Влияние обычных причин изменчивости устраняется или снижается системными действиями, которые осуществляют руководители подразделений, включая высшее руководство.

Средствами управления при СУТП являются контрольные карты и проводимый на их основе статистический инженерный анализ.

Стадии непрерывного улучшения процесса: анализ (сбор данных, четкое понимание взаимосвязей процесса, устранение особых причин изменчивости); управление (регулирование процесса для сохранения его состояния); улучшение (ужесточение статистических требований к процессу для идентификации обычных причин изменчивости).

Статистическое управление технологическими процессами осуществляется в несколько этапов:

- определение технологических процессов (ТП), подлежащих управлению с применением статистических методов. Наличие в технологическом процессе параметров особой важности является достаточным условием для применения СУТП;
- анализ ТП, подлежащих СУТП, и приведение их в соответствие:
  - а) предположение об объекте на основе предварительной информации о нем (формирование модели объекта и гипотезы его взаимосвязей);
  - б) сбор исходных статистических данных;
  - в) обработка данных с помощью статистических методов;
  - г) оценка полученных результатов по здравому смыслу для исключения возможных ошибок при интерпретации данных;
  - д) определение (идентификация) особых причин изменчивости и приведение ТП в стабильное (статистически управляемое) состояние;
  - е) управление (регулирование) ТП, т.е. осуществление действий, направленных на сохранение ТП в статистически управляемом состоянии;
  - ж) улучшение ТП (снижение влияния обычных причин изменчивости).

Порядок применения статистически управляемых процессов. Дирекция технического развития, обеспечивает определение и обозначение в конструкторской документации на действующие проекты и в конструкторской и технологической документации на новые модели автомобилей изделий и параметров особой важности, которые влияют на безопасность и сохранность окружающей среды при эксплуатации, удовлетворение требований и предпочтений потребителя, а также на эффективность продукции и производства.

В производствах приказами по производству в составе технологических отделов организуются бюро по применению и развитию статистического управления технологическими процессами.

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 ТП.

Перечень действующей конструкторской документации с обозначенными и идентифицированными параметрами особой важности направляется в производства для рассмотрения целесообразности применения СУТП для таких параметров.

Созданные бюро по СУТП рассматривают весь перечень конструкторской документации (КД) и технологической документации (ТД), действующей в производстве, в соответствии с действующими стандартами предприятия, направляют в дирекцию технического развития предложения об изменении действующей конструкторской

документации по обозначению в ней параметров, для которых будет применяться СУТП.

После рассмотрения перечня параметров особой важности производства, параметры, подлежащие СУТП, в документации должны быть обозначены условным знаком, проставляемым в конструкторской документации.

Дирекция технического развития вносит в действующую конструкторскую документацию необходимые изменения.

Среди параметров особой важности новых моделей автомобилей специалисты дирекции технического развития определяют такие параметры, для которых в дальнейшем будет применяться СУТП.

Обозначение параметров, подлежащих СУТП, в конструкторской и технологической документации на новые модели автомобилей производится в рамках технической подготовки производства.

Специалисты созданных бюро проводят анализ технологических процессов, содержащих параметры особой важности, для идентификации из них тех параметров, для которых целесообразно применение СУТП.

Операции и технологические процессы с параметрами особой важности, на которых предусматриваются или уже используются средства активного контроля, исключаются из рассмотрения как нецелесообразные для применения СУТП.

Специалисты бюро, готовят предложения об изменении действующей конструкторской и технологической документации по обозначению в ней параметров, для которых будет применяться СУТП.

Определяются все рабочие места, которые необходимо оснастить устройствами для подтверждения соответствия продукции



установленным требованиям. На тех рабочих местах, где используются визуальные способы контроля, необходимо предусмотреть наличие контрольных образцов, фотографий и чертежей.

Специалистами бюро определяются объемы затрат для заказа всех необходимых средств технической и компьютерной поддержки СУТП. Объемы затрат согласовываются главным инженером производства с дирекцией по информационным системам (ДИС).

Работники технологических бюро подготавливают технико-экономические обоснования, которые после этого утверждаются главным инженером подразделения в бюджетном управлении.

Утвержденные технико-экономические обоснования передаются в дирекцию инженерно-технологического обеспечения. Дирекция разрабатывает инвестиционный проект и утверждает его у генерального директора компании автопроизводителя.

После утверждения бюджета ДИС по заявкам производств обеспечивает закупку необходимых средств технической и компьютерной поддержки СУТП в рамках утвержденного инвестиционного проекта.

Алгоритм работы в соответствии с предлагаемым стандартом представлен на рисунке 3.4, пояснения к алгоритму представлены в таблице 3.1.

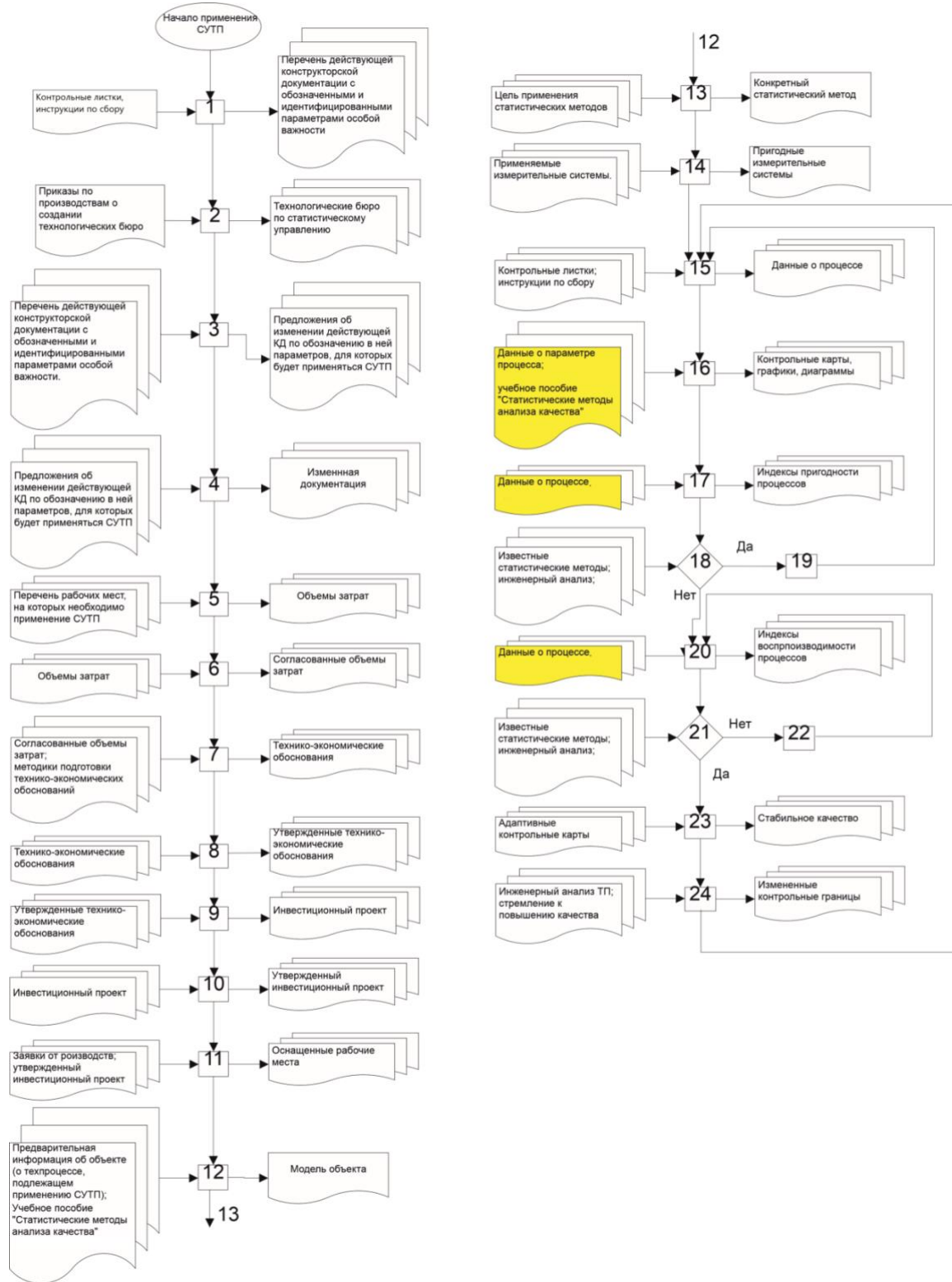


Рисунок 3.4 – Алгоритм работы по стандарту системы менеджмента качества «Статистически управляемые процессы»

Таблица 3.1 – Пояснение к алгоритму работы по стандарту системы менеджмента качества «Статистически управляемые процессы»

Наименование процесса	Результаты процесса	Ответственный
<b>1</b> – определение и обозначение в КД на действующие проекты и в конструкторской и технологической документации на новые модели автомобилей изделий и параметров особой важности, которые влияют на безопасность и сохранность окружающей среды при эксплуатации, удовлетворение требований и предпочтений потребителя, а также на эффективность продукции и производства	Перечень действующей конструкторской документации с обозначенными и идентифицированными параметрами особой важности	Дирекция технического развития
<b>2</b> – организация в составе технологических отделов бюро по СУТП	Технологические бюро по СУТП	Производственные подразделения
<b>3</b> – рассмотрение производствами перечня действующей КД с целью выбора параметров, для которых будет применяться СУТП	Предложения об изменении действующей КД по обозначению в ней параметров, для которых будет применяться СУТП	Технологические бюро по СУТП
<b>4</b> – внесение в действующую конструкторскую документацию и в КД и ТД на новые модели автомобилей изменений	Измененная действующая КД и КД и ТД на новые модели автомобилей	Дирекция технического развития
<b>5</b> – определение объемов затрат	Объемы затрат для заказа всех необходимых средств технической и компьютерной поддержки СУТП	Специалисты технологических бюро
<b>6</b> – согласование с Дирекцией по информационным системам объемов затрат	Согласованные объемы затрат	Главные инженеры производств; Дирекция по информационным системам
<b>7</b> – подготовка технико-экономических обоснований	Технико-экономические обоснования применения СУТП	Специалисты технологических бюро

<b>8</b> – утверждение технико-экономических обоснований в ПБУ	Утвержденные технико-экономические обоснования	Главные инженеры производств; планово-бюджетное управление
<b>9</b> – разработка инвестиционного проекта	Инвестиционный проект	Дирекция инженерно-технологического обеспечения
<b>10</b> – утверждение инвестиционного проекта	Утвержденный инвестиционный проект	Дирекция инженерно-технологического обеспечения; Президент–генеральный директор
<b>11</b> – закупка необходимых средств технической и компьютерной поддержки СУТП и оснащение ими рабочих мест	Рабочие места, оснащенные необходимыми средствами технической и компьютерной поддержки СУТП	Дирекция по информационным системам, производства
<b>12</b> – формирование модели объекта и гипотезы его взаимосвязей	Модель объекта	Специалисты технологических бюро
<b>13</b> – выбор статистического метода	Конкретный статистический метод	Специалисты технологических бюро
<b>14</b> – анализ измерительных систем и приведение их в пригодное состояние	Пригодные измерительные системы	Специалисты технологических бюро, руководители отделов, цехов и т.д.
<b>15</b> – сбор данных	Данные о процессе	Рабочие и контролеры производств
<b>16</b> – статистическая обработка данных	Контрольные карты, графики, диаграммы	Специалисты технологических бюро
<b>17</b> – расчет индексов пригодности	Индексы пригодности	Специалисты технологических бюро

<b>18</b> – анализ полученных контрольных карт. Особые причины есть?	Идентифицированные особые причины изменчивости	Специалисты технологических бюро
<b>19</b> – устранение особых причин изменчивости	Улучшенный ТП	Специалисты технологических бюро, руководители всех уровней
<b>20</b> – определение индексов воспроизводимости	Индексы воспроизводимости	Специалисты технологических бюро
<b>21</b> – оценка возможностей ТП. Процесс приемлем?	Решение о приемлемости ТП	Специалисты технологических бюро
<b>22</b> – идентификация и уменьшение влияния (устранение) обычных причин изменчивости (план корректирующих действий по снижению влияния обычных причин на процесс или их устранению.  Предложения в решения протоколов совещаний Президента-генерального директора), настройка ТП	Улучшенный ТП	Специалисты технологических бюро, руководители всех уровней
<b>23</b> – наблюдение за ТП и его регулирование	Поддержание ТП в стабильном состоянии	Рабочие, специалисты технологических бюро
<b>24</b> – ужесточение требований к процессу (сужение контрольных границ)	Контрольные карты с измененными контрольными границами	специалисты технологических бюро

В функции технологических бюро по СУТП 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 ТП.

Специалисты технологических бюро проводят анализ технологических процессов, содержащих параметры особой важности, для идентификации из них тех параметров, для которых целесообразно применение СУТП. Операции и технологические процессы с параметрами особой важности, на которых предусматриваются или уже используются средства активного контроля, исключаются из рассмотрения как нецелесообразные для применения СУТП.

Специалисты технологических бюро определяют все рабочие места, которые необходимо оснастить устройствами для подтверждения соответствия продукции установленным требованиям. На тех рабочих местах, где используются визуальные способы контроля, необходимо предусмотреть наличие контрольных образцов, фотографий и чертежей.

При составлении предположения об объекте возможно составление графического изображения ТП с целью получения лучшего представления о его структуре, выдвижение гипотез о взаимосвязях параметров процессов и т.п.

В большинстве случаев для приведения в соответствие технологического процесса используют метод контрольных карт.

Данные регистрируются с помощью контрольных листков. Формы контрольных листков могут быть различными, но во всех должна отражаться следующая информация: наименование процесса; номер производимой детали; описание характеристик; единицы измерений; частота выборок; объемы выборок; описание шкалы (среднее, медиана и т.п.); данные подгрупп; время; оператор; шаблон или метод измерений; место для записи событий о процессе.

Для исключения ошибок при сборе данных, расчетах статистических характеристик, графических построениях проводится оценка полученных результатов по здравому смыслу.

#### 3.4 Модернизированная концепция методики и инструментария статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве

Переходя от вопросов, связанных с разработкой процессной модели и стандарта системы менеджмента качества автосборочного предприятия в области развития статистически управляемых процессов, к вопросам создания статистического инструментария мониторинга и контроля качества электрокомпонентов современных автомобилей, представим схематично в виде графической структуры, на основе проведенного в первой и второй главе диссертации исследования, действующие в производстве этапы контроля и мониторинга электрооборудования автомобилей на предмет однозначного выявления недостатков существующей системы (рисунок 3.5).

Ранее было показано, что существующая насыщенность производственного процесса инструментами мониторинга и контроля качества электрокомпонентов имеет явную недостаточность, с точки зрения обеспечения процесса контроля качества электрокомпонентов в составе системы электрооборудования. Было сделано предположение о том, что изменчивость элементов электрооборудования, связанная с технологическими параметрами стабильности производства, может существенно повлиять на стабильность работы электрооборудования в составе системы.

Действительно, анализ рисунка 3.5 показывает, что на финишном этапе производства автомобилей отсутствуют инструменты статистического мониторинга и контроля качества электрокомпонентов в

составе системы электрооборудования. Очевидно, что отсутствие таких инструментов, с учетом значительной важности электротехнического комплекса автомобилей в целом и электрокомпонентов, в частности, создает дополнительные риски недостаточного качества новых автомобилей в целом.

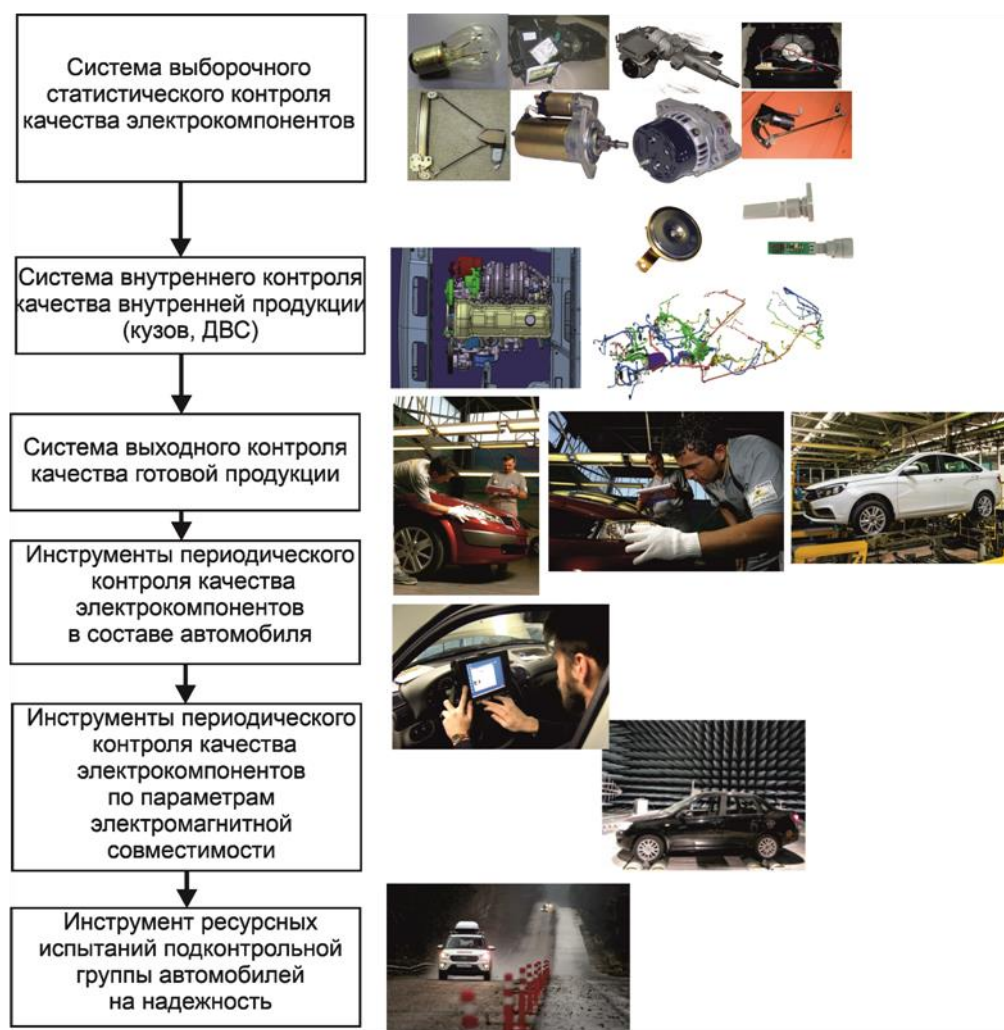


Рисунок 3.5 – Существующие в действующем производстве инструменты контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов (было)

Итак получается, что в настоящее время в автосборочных производствах, работающих в условиях массового изготовления автомобилей, наблюдается недостаток инструментальной базы,



направленной на мониторинг и контроль качества электрокомпонентов в составе системы электрооборудования.

Исходя из вышеизложенного, можно сформулировать актуальную научно-техническую задачу, заключающуюся в необходимости развития инструментов мониторинга и контроля качества электрокомпонентов автомобилей на финишных этапах производства, действующих с учетом массовости производства.

В последние десятилетия, в основном, иностранными разработчиками тестового оборудования были предложены технические решения в области диагностики электрооборудования автомобилей в производстве, как раз направленные на выявление отклонений в области качества продукции на финишных этапах производства. Такие системы реализуют функцию «светофора», то есть при выявлении несоответствия дефектная продукция не пропускается на следующие этапы производства. Одной из важных функций таких технических систем является возможность накопления статистических данных о стабильности диагностируемых электротехнических параметров. Данная функция в процессе производства до настоящего времени не нашла существенного развития. При этом бесспорно, что она обладает значительным потенциалом при решении задач, направленных на совершенствование инструментов мониторинга и контроля качества продукции.

Указанные технические решения реализуются на основе компьютерных средств диагностирования. Известны такие решения как комплексы компаний Hofman, Bosch, LEMHEMA, GenRad, которые реализуют от 4 до 6 программ, последовательного диагностического алгоритма тестирования электрооборудования автомобилей.

На одном из ведущих автосборочных предприятий была внедрена система «SofTest ATE», которая работала в режиме «светофора» и

осуществляла комплексную работу по диагностированию электрооборудования автомобилей [82]. Основные принципы работы существующих диагностических комплексов, работающих в данном направлении, заключается в серии измерений потребления тока электрокомпонентом в установившемся режиме работы и сравнении его со стандартным (указанным в технических требованиях, технических условиях) значением. На основании проведенной серии измерений по всем основным электрокомпонентам дается электронное заключение о соответствии/несоответствии электрооборудования установленным требованиям.

Обобщенный алгоритм работы таких систем представлен на рисунке 3.6. В самом начале работы система диагностики проводит измерение тока потребления при отсутствии нагрузки  $I_{отс}$ . За период нормируемого времени  $t_{отс}$ . Далее проводится два замера установившегося значения токов потребления под нагрузкой  $I_{коммут}$ . Разность между среднеарифметическими значениями этих замеров  $I_{изм}$  и током потребления при отсутствии нагрузки рассматривается как ток потребления (нагрузки) электрокомпонента в установившемся режиме работы I. Данное значение тока потребления проходит цикл сравнения с допустимыми значениями тока для оцениваемого электрокомпонента. Затем результат высвечивается на мониторе и заносится в электронную базу данных.

Исходя из вышеизложенного, можно выделить ряд актуальных задач, решение которых можно объединить в рамках разработки научно-практического комплекса статистических инструментов по оценке стабильности показателей качества электрокомпонентов с использованием электронной базы данных по результатам измерения тока потребления электрокомпонента в установившемся режиме работы (I).

Таким образом, на основании вышеизложенного, с учетом полученных данных и представленных на рисунках 3.5 и 3.6 схем, можно представить концептуальную графическую структуру, направленную в развитие существующей системы контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве (рисунок 3.7). Структура дополнена блоком компьютерной диагностики электрокомпонентов системы электрооборудования на финишном этапе производства автомобилей, которая обеспечивает необходимый статистический контроль и мониторинг качества электрооборудования с учетом массовости производства [82].

Таким образом, в качестве ключевых параметров качества электрокомпонентов предлагается рассматривать: напряжение бортовой сети при неработающем двигателе внутреннего сгорания для оценки аккумуляторной батареи (В); вырабатываемое напряжение генераторной установки для оценки генератора при работающем двигателе внутреннего сгорания (В); установившийся ток нагрузки (потребления) для всех основных электрокомпонентов бортовой сети автомобилей при работающем двигателе внутреннего сгорания (А).

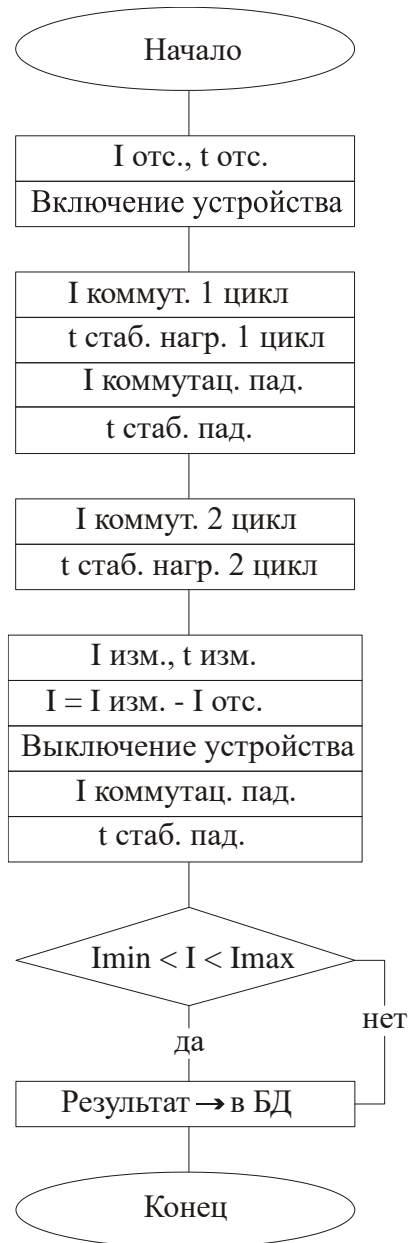


Рисунок 3.6 – Блок-схема алгоритма работы диагностического комплекса:

$I$  отс. – ток при отсутствии нагрузки;

$t$  отс. – время измерения при отсутствии нагрузки (100 мс);

$I$  коммут. – ток коммутации;

$t$  стаб. нагр. – время стабилизации тока при наличии нагрузки;

$I$  изм. – ток измерения;

$t$  изм. – время измерения;

$I$  – ток потребления;

$I$  коммут. пад. – ток коммутации падения;

$t$  стаб. пад. – время стабилизации тока падения.

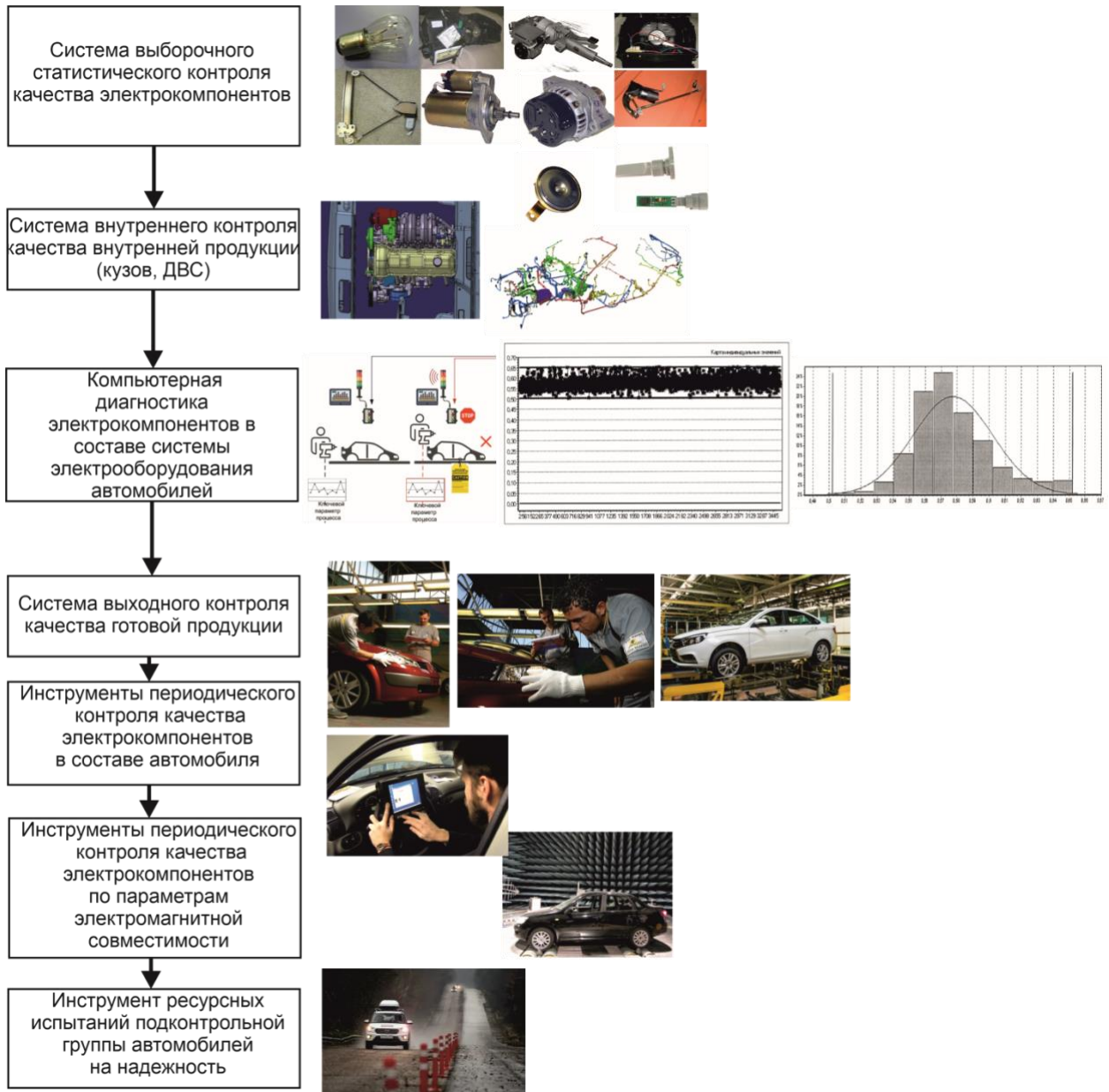


Рисунок 3.7 – Модернизированная концепция методики и инструментария статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве (стало)

Как видно из рисунка 3.7, в рамках статистического инструментария контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в составе системы электрооборудования должны быть разработаны инструменты построения карт индивидуальных значений, гистограммы распределения электротехнических параметров, определяющих фактическое состояние процесса. Далее, с их использованием, а также на основе требований технических условий на электрокомпоненты, появляется возможность для обоснования приемлемых статистических границ, определяющих стабильный характер электротехнических параметров электрокомпонентов в составе системы электрооборудования. Также создаются предпосылки для разработки и реализации цифровых калибров, направленных на управление качеством электрокомпонентов и обеспечение статистической стабильности ключевых электротехнических параметров, к которым относится ток потребления.

От общих вопросов создания концепции инструментов статистического контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов в составе системы электрооборудования можно перейти к соответствующим вопросам организации системы массового контроля качества электрокомпонентов в составе электрооборудования новых автомобилей в сборе.

### 3.5 Выводы по главе

1. Для обеспечения системного развития инструментов статистического контроля и мониторинга качеством в автосборочном производстве требуется разработка и реализация соответствующей методики и стандарта системы менеджмента качества автосборочного производства. Проекты соответствующих системных инструментов управления предложены в третьей главе диссертации.

2. Переходя от процесса и стандарта, непосредственно к проблеме обеспечения качества электрокомпонентов, предложена модернизированная концепция методики и инструментария статистически управляемых процессов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в автосборочном производстве, учитывающая выделенные в ходе исследования узкие места в процессах организации и проведения контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в действующем производстве.

3. Предлагается развитие инструментов контроля и мониторинга качества электрокомпонентов автомобилей с применением современных аппаратных средств, позволяющих обеспечить массовость контрольных испытаний с созданием электронной базы ключевых параметров электрокомпонентов, в качестве которых предполагается рассматривать напряжение бортовой сети, вырабатываемое напряжение генераторной установки для системы энергоснабжения и установившихся значений тока нагрузки для всей остальной компонентной базы электрооборудования автомобилей.

#### 4. РАЗРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОКОМПОНЕНТОВ НОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В СБОРЕ В АВТОСБОРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

##### 4.1 Организация производства работ по контролю качества электрокомпонентов в составе БЭК автомобилей. Аппаратное и программное обеспечение работы

Технология компьютерного тестирования. Процесс тестирования происходит в режиме диалога установки с оператором: на экран монитора на производственном участке выводятся инструкции оператору; оператор последовательно выполняет инструкции; установка автоматически производит тестирование и выдает результат.

Технология диагностики электрокомпонентов на главном конвейере. Последовательность действий оператора во время диагностики электрооборудования с помощью установки: оператор подключает токовые клещи к аккумуляторной батарее; вводит данные тестируемого автомобиля, считывая штрих-код с таблички на кузове автомобиля или с карточки комплектации; садится в салон автомобиля на место водителя, закрепляет носимый пульт управления и подключается к диагностическому разъему; установка автоматически определяет комплектацию автомобиля и загружает программу; установка контролирует мощность потребления электрических цепей автомобиля при выключенном замке зажигания. Если потребляемая мощность в пределах допустимого диапазона, оператор получает команду «Включить замок зажигания» и выполняет ее; далее оператор действует по командам установки, последовательно выполняя их; установка проверяет цепи электрооборудования согласно карте тестирования и выдает сообщения: «годен» или «не годен». При получении сообщения «не годен» предлагает оператору выбрать повторное включение устройства для



дополнительного тестирования либо записать информацию о дефекте в отчет по диагностируемому автомобилю [82].

Технология устранения дефектов электрооборудования. Процесс устранения неисправностей производится при помощи программного обеспечения в режиме диалога. Оператор последовательно получает на экране монитора рабочей станции инструкции, после исполнения которых установка автоматически совершает требуемые измерения.

Информация о дефектах конкретного автомобиля в соответствии с VIN-номером автомобиля и номером комплектации (полученным с помощью считывателя штрих-кода или ввода с клавиатуры) запрашивается из базы данных о дефектных автомобилях, хранящейся в базовой станции установки. В соответствии с этой информацией базовая станция загружает программу локализации неисправностей [82].

Информацию о неисправностях можно также получить, выполнив полное тестирование автомобиля с установки.

Установка подключается к колодке диагностики автомобиля. На дисплее выводятся инструкции. Слесарь-ремонтник, последовательно выполняя инструкции, осуществляет локализацию и устранение неисправностей.

После устранения неисправностей выполняется полное тестирование электрооборудования автомобиля. Результаты тестирования автоматически передаются в базу данных завода.

Программное и аппаратное обеспечение [82]. Установка компьютерной диагностики электрокомпонентов обеспечивает: тестирование элементов электрооборудования автомобилей в процессе сборки на главном конвейере; тестирование и диагностику работоспособности всех элементов электрооборудования автомобилей с целью выявления дефектов и устранения выявленных дефектов на

ремонтных участках (в том числе, элементов системы электронного впрыска как при работающем, так и при неработающем двигателе); хранение результатов тестирования с привязкой к VIN-номеру автомобиля, номеру комплектации; хранение результатов тестирования и получение статистических данных по запросам с корпоративных рабочих мест; отслеживание тестируемого автомобиля в системе технического обслуживания автомобиля в процессе эксплуатации; сбор и хранение информации о дефектах, причинах и способах их устранения, как в процессе производства, так и в процессе технического обслуживания во время эксплуатации.

Кодификатор дефектов в системе соответствует единому кодификатору дефектов автопроизводителя в эксплуатации. Выявленные дефекты фиксируются в системе управления сборкой автомобилей по VIN-номеру и номеру комплектации для дальнейшей работы с гарантийными автомобилями и статистического анализа качества, как самого автомобиля, так и электротехнических комплектующих. Дефекты, причины и способы их устранения представлены в системе анализа причин дефектов в виде «дерева отказов» [82].

Используемое программное обеспечение состоит из следующих модулей: программное обеспечение, предназначенное для тестирования, диагностики и контроля параметров электрооборудования автомобиля непосредственно на сборочном конвейере; программное обеспечение, предназначенное для локализации и выявления электрооборудования, имеющего дефекты.

Функционирование программного обеспечения [82]. Работа оператора с программным обеспечением осуществляется в режиме диалога. Загрузка программного обеспечения производится автоматически после считывания штрих-кода с таблички на кузове автомобиля. После завершения тестирования программное обеспечение

автоматически передает результаты тестов с носимого пульта в базовую станцию, с привязкой к VIN-номеру, номеру комплектации автомобиля и идентификационному номеру оператора. Передача результатов тестирования с базовой станции в систему управления сборкой осуществляется автоматически. Общее время диагностики одного автомобиля на сборочном конвейере не превышает 5 минут (при использовании пяти комплектов носимого оборудования не менее 1,1 автомобиля в минуту). В случае ошибочного действия оператора программное обеспечение запрашивает подтверждение ввода или позволяет сделать повтор операции без передачи данных на базовую станцию.

На участке устранения дефектов передача данных в систему управления сборкой производится по команде оператора, либо после получения положительного ответа на все тесты. Передача результатов тестирования одного автомобиля в память базовой станции длится не более 10 секунд.

В конструкцию установки заложена возможность модернизации в процессе эксплуатации, без каких-либо существенных затрат. В комплект установки входят все необходимые кабели с разъемами и переходниками, необходимыми для подключения к диагностической колодке автомобиля, электронному блоку управления системой впрыска, электрическим и информационным сетям на месте монтажа [82].

Первичные измерительные преобразователи (датчики, пробники) должны удовлетворять следующим требованиям:

1. Средства измерений как отечественного, так и зарубежного производства должны проходить обязательные испытания и утверждения типа или сертификацию в соответствии с нормативными документами Государственной системы обеспечения единства измерений (правила по

метрологии ПР 50.2.009-94, МИ 2277-93). В первом случае это подтверждается сертификатом об утверждении типа средства измерения, во втором –сертификатом соответствия [82];

2. В комплект документации на средства измерений должны входить паспорт (формуляр), эксплуатационные документы по ГОСТ 2.601 (для импортных средств измерений – комплект документации фирмы-изготовителя, прилагаемый к поставляемому средству измерений (с переводом на русский язык), методика поверки и калибровки [82];

3. В комплект поставки средств измерений необходимо включать специальные средства измерений, меры, приспособления и т.п. для настройки или калибровки и не выпускаемые серийно. На эти технические средства должна быть представлена необходимая документация [82].

Обучение персонала [82]. Обучение проводится по следующим разделам: основные понятия об электрооборудовании современного автомобиля; эксплуатация установки (порядок работы с установкой, тестирование электрооборудования, техническое обслуживание установки в процессе эксплуатации, меры безопасности при работе с установкой, устранение аварийных ситуаций и сбоев установки).

Объем обучения составляет 40 академических часов, по окончании обучения выдается сертификат.

#### 4.2 Разработка и реализация статистических инструментов массового контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в составе БЭК автомобилей в сборе

Разработка статистического инструментария мониторинга и контроля качества электрокомпонентов проводится на основе результатов тестирования электрооборудования и электронных систем одного из наиболее популярных семейств легковых автомобилей

отечественного производства. 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 установившемся режиме работы системы электрооборудования, в соответствии с алгоритмом, представленным в третьей главе, для каждого автомобиля, сошедшего с конвейера (начиная со второй позиции до окончания тестирования).

Таким образом, в качестве статистического результата такого тестирования имеются выборки значений каждого из параметров, полученные для различных автомобилей.

Для организации работы в рамках 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 4.1.

Таблица 4.1 – Формулы расчета статистических показателей

№	Наименование	Формула	Примечание
1	2	3	4
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	$V = \frac{\bar{s}}{X_{CP}} \times 100$	

На первом этапе с использованием всей накопленной базы диагностических параметров проводится их первичная обработка и систематизация. В таблице 4.2 и далее количественные результаты оценки ключевых параметров качества электрокомпонентов представлены относительных (безразмерных) единицах измерения. Причиной этого является техническая возможность выгрузки электронных данных из системы диагностики. При этом следует понимать, что в первом тесте (напряжение бортовой сети) результаты измерения определяются в (В), начиная со второго теста и до 31 (окончание цикла тестирования) результаты измерения определяются в (А). Именно эти единицы измерения введены в детализированные результаты, представленные далее на диаграммах. Таким образом, перевод относительных единиц в абсолютные можно проследить с помощью графического материала. Такое положение дел в исследовании не ухудшает качество работы, а просто является следствием технического обеспечения процесса.

Параметры исходных выборок приведены в таблице 4.2. Как видно из данных таблицы, большинство показателей имеют существенные коэффициенты вариации (выделены темным цветом в таблице). Для удобства работы в таблицах диагностические данные представляем в безразмерном виде, просто рассматривая их как статистические данные для обработки и создания научно-практического инструментария мониторинга и контроля качества.

Таблица 4.2 – Параметры исходных выборок значений

№ 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%
11	Электроусилитель рулевого управления	4796	0	50,00	26,98	6,12	22,7%
12	Вентилятор системы охлаждения	2140	0	84,00	27,22	7,21	26,5%
13	Стартер	4768	0	100,00	87,36	23,68	27,1%
14	Модуль управления светотехникой	5532	0	131,09	3,49	2,97	85,1%
15	Очиститель ветрового стекла	5352	0	21,88	4,36	1,72	39,4%
16	Микромоторедуктор отопителя	1158	0	6,68	1,23	0,78	63,4%
17	Датчик фаз	4641	0	17,11	1,90	0,92	48,5%
18	Регулятор холостого хода	5428	0	27,03	3,71	1,52	41,0%
19	Реле повторителя	5444	0	56,19	1,95	1,20	61,5%
20	Индивидуальная катушка зажигания	2704	0	20,69	3,40	1,12	32,8%
21	Электростеклоподъемник	2702	0	27,51	3,06	1,28	41,8%

Для реализации второго этапа работы в рамках разработки статистического инструментария контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов в составе системы электрооборудования в электронной таблице проведено исключение нулевых значений диагностических параметров, определяющих явный брак электрокомпонентов. Полученные результаты представлены в таблице 4.3.

В таблицу 4.3 введена колонка, отражающая статистическую долю тестируемых электрокомпонентов, которые по факту не соответствуют установленным требованиям.

Как видно, доля электрокомпонентов, прошедшая этапы выходного контроля качества у поставщиков, входного контроля качества у потребителя, а также этапов контроля качества внутри автосборочного производства, и тем не менее имеющих несоответствия, – значительная и изменяется от 0,9 до 6,1 %.

Напомним, что этот уровень не учитывает долю электрокомпонентов, имеющих нулевые диагностические параметры, свидетельствующие о явном браке. Эту долю несоответствующих электрокомпонентов мы учли на этапе определения явного брака.

Таким образом получается, что разрабатываемый статистический инструментарий в условиях массового автомобильного производства просто необходим. Он обладает дополнительными возможностями обеспечения качества автомобилей. Эти возможности связаны с реализацией массового контроля качества электрокомпонентов системы электрооборудования на автомобилях в сборе. Как было показано ранее, подобный статистический инструментарий в автосборочном производстве практически не применялся.



Таблица 4.3 – Параметры выборок после исключения «нулевых» значений

№ 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%
11	Электроусилитель рулевого управления	4596	4,2%	17,00	50,00	28,15	2,46	8,7%
12	Вентилятор системы охлаждения	2120	0,9%	17,00	84,00	27,48	6,74	24,5%
13	Стартер	4497	5,7%	1,00	100,00	92,62	10,34	11,2%
14	Модуль управления светотехникой	5320	3,8%	0,00	131,09	3,63	2,95	81,1%
15	Очиститель ветрового стекла	5069	5,3%	0,00	21,88	4,60	1,41	30,7%
16	Микромоторедуктор отопителя	1107	4,4%	0,00	6,68	1,29	0,75	58,3%
17	Датчик фаз	4592	1,1%	0,00	17,11	1,92	0,90	47,1%
18	Регулятор холостого хода	5225	3,7%	0,00	27,03	3,86	1,36	35,3%
19	Реле повторителя	5235	3,8%	0,00	56,19	2,03	1,16	57,1%
20	Индивидуальная катушка зажигания	2639	2,4%	0,00	20,69	3,49	0,99	28,5%
21	Электростеклоподъемник	2634	2,5%	0,00	27,51	3,13	1,20	38,1%

Как видно, реализация операции по исключению результатов тестов, свидетельствующих о явном браке электрокомпонентов, уже на втором этапе разработки инструментария мониторинга и контроля обеспечивает существенное сокращение коэффициента вариации по

большинству позиций электрокомпонентов системы электрооборудования автомобилей.

Однако, все же коэффициенты вариации выборок «без нулей», по-прежнему остаются достаточно большими, что позволяет сделать вывод о наличии значительного числа статистических «выбросов».

Для разработки адекватного статистического инструментария контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов системы электрооборудования автомобилей в сборе необходимо обеспечить исключение этих «выбросов» из полученных выборок.

Для решения этой задачи разработан следующий алгоритм действий:

1. Определение параметров выборки «без нулей» (таблица 4.3).
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.
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.

Параметры выборок, «очищенных» от выбросов по описанному выше алгоритму, приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Параметры выборок после исключения «выбросов»

№ п/п	Наименование	НКГ	ВКГ	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%
11	Электроусилитель рулевого управления	22,25	33,63	4414	8,0%	23,00	33,00	27,94	1,90	6,8%
12	Вентилятор системы охлаждения	19,83	33,72	2020	5,6%	20,00	33,00	26,77	2,32	8,6%
13	Стартер	68,71	118,73	4352	8,7%	69,00	100,00	93,72	8,34	8,9%
14	Модуль управления светотехникой	2,33	4,84	4772	13,7%	2,33	4,84	3,59	0,42	11,7%
15	Очиститель ветрового стекла	2,16	7,49	4718	11,8%	2,16	7,38	4,82	0,89	18,4%
16	Микромоторедуктор отопителя	0,52	1,84	998	13,8%	0,56	1,83	1,18	0,22	18,7%
17	Датчик фаз	0,35	3,32	4387	5,5%	0,35	3,31	1,83	0,50	27,0%
18	Регулятор холостого хода	0,55	7,20	5095	6,1%	0,61	7,18	3,87	1,11	28,6%
19	Реле повторителя	0,25	3,77	5102	6,3%	0,25	3,76	2,01	0,59	29,2%
20	Индивидуальная катушка зажигания	1,63	5,46	2542	6,0%	1,71	5,39	3,55	0,64	18,0%
21	Электростеклоподъемник	1,74	4,53	2471	8,5%	1,75	4,51	3,14	0,46	14,8%

Предложенный алгоритм обеспечивает возможность для создания обоснованных и адекватных границ изменения диагностируемых параметров для статистического инструментария контроля, мониторинга

и управления качеством электрокомпонентов системы электрооборудования автомобилей в сборе.

Таким образом, для каждой из выборок электрокомпонентов получены границы, в которых с вероятностью 99,73% должны находиться значения оцениваемых диагностических параметров при нормальном законе распределении. При этом доля значений выборки, непопадающих в полученный интервал, приведена в столбце «Доля» таблицы 4.4. Коэффициенты вариации выборок существенно снизились, хотя около половины тестов все же имеют вариабельность свыше 30%.

Обобщая и систематизируя данные, полученные по результатам реализации предложенного статистического инструментария мониторинга и контроля качества, можно предложить разделение и классификацию всей номенклатуры электрокомпонентов системы электрооборудования автомобилей при организации системы контроля качества на три основные группы. Здесь в качестве критерия классификации может выступить коэффициент вариации, показывающий уровень стабильности ключевых параметров качества рассматриваемой продукции в массовом производстве. Классификация может быть использована для решения ряда задач: исследовательская – для проведения более глубоких исследований по определению причин высокого уровня вариации параметров качества; практическая – реализация комплексных мероприятий по повышению качества стабильности производства по ключевым параметрам качества и обеспечения перехода электрокомпонентов из групп с повышенным значением уровня вариации в группы с приемлемым уровнем вариации ключевых параметров качества электрокомпонентов.

Иными словами, применение разработанного инструментария обеспечивает возможности для развития целого направления в области повышения качества продукции машиностроения (автомобилестроения)

по наиболее важному в настоящее время сегменту компонентов – электрооборудованию и элементам электроники.

Предполагается следующий алгоритм действий:

- реализация функции массового контроля качества электрокомпонентов в составе системы электрооборудования с оценкой статистических параметров воспроизводимости ключевых параметров качества;
- разделение и классификация электрокомпонентов по трем группам в зависимости от количественного значения коэффициента вариации ключевого параметра качества;
- создание статистического инструмента, определяющего параметры воспроизводимости ключевого показателя качества электрокомпонентов.

#### 4.3 Классификация электрокомпонентов по группам уровня вариации и распределения ключевого параметра качества. Обоснование и разработка статистических параметров контроля и мониторинга качества электрокомпонентов в составе БЭК новых автомобилей в сборе в автосборочном производстве

Как было показано, применение инструмента классификации электрокомпонентов системы электрооборудования автомобилей по ключевым параметрам качества можно реализовать с использованием коэффициента вариации.

Для обеспечения функции управления поставщиками электрокомпонентов предлагается ввести в качестве одного из индексов требований договора поставки комплектующих изделий коэффициент вариации, в зависимости от текущего состояния процесса воспроизводимости продукции по требованиям заказчика и соответствующим перспективным требованиям.

Предполагается разделение электрокомпонентов, как это показано выше, на три группы по количественному значению коэффициента вариации и параметрам распределения.

Пересчет предлагаемого критерия оценки может осуществляться ежеквартально (ежемесячно), в зависимости от корпоративных решений высшего руководства предприятия автопроизводителя. Естественно, что применение нового инструмента мониторинга и управления должно быть соответствующим образом формализовано и стандартизировано.

Определение поставщиков в нижнюю группу (3), по критерию оценки (коэффициент вариации), активизирует установленные на предприятии автопроизводителя алгоритмы взаимодействия, направленные на преодоление кризисов качества: мероприятия по поддержке поставщиков; система контролируемых поставок; технологический аудит; дополнительные мероприятия по повышению качества, предусмотренные договорными обязательствами и системой стандартов автосборочного предприятия.

Разработка статистических инструментов мониторинга электрокомпонентов по обозначенным группам классификатора представлена ниже.

По результатам тестирования элементы электрооборудования и электронные системы автомобиля можно разделить на следующие группы.

Первая группа. Результаты тестирования, имеющие небольшие коэффициенты вариации (<30%) и стабильные во времени средние значения. Описываются нормальным распределением.

В диссертационной работе рассматривается существенная часть электрокомпонентов, которая по уровню дефектности на этапах производства и эксплуатации выделена в разряд имеющих недостаточный

уровень качества. При исследовании всех электрокомпонентов автомобилей можно предположить, что часть из них будет обладать коэффициентом вариации выше 30% и нормальным законом распределения ключевого параметра качества. Для них мы должны определить отдельную группу в рамках разрабатываемого классификатора (вторая группа электрокомпонентов).

Вторая группа. Нормальное распределение с большой вариацией. Необходимо установить причины столь значительной вариации и наметить пути ее снижения до приемлемого уровня не более 15 %. Карты индивидуальных значений и гистограммы распределения для таких тестов приведены ниже.

Третья группа. Нормальное распределение с изменяющимся во времени средним или два нормальных распределения. Возможна смесь изделий из различных партий или различных поставщиков. Необходима идентификация поставщиков и установление на параметры их изделий соответствующих границ допуска.

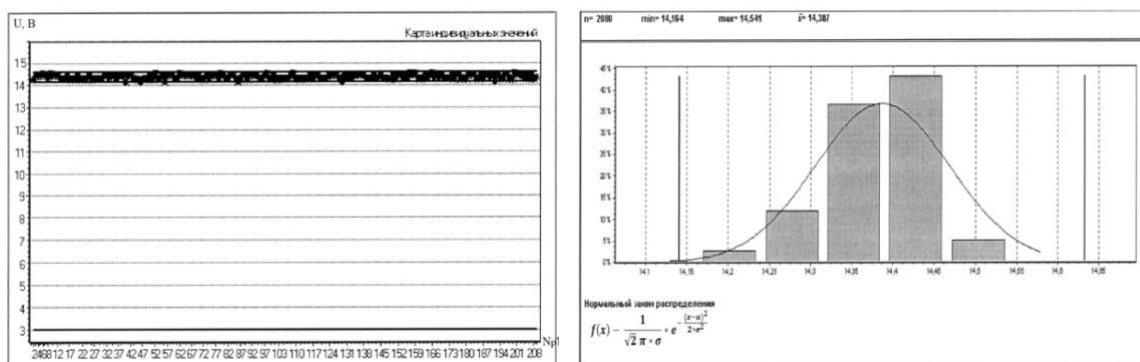
Проведем пересчет электронных данных, полученных при контрольном тестировании электрокомпонентов, и выделим группы электрокомпонентов в соответствии с предложенным кодификатором (таблицы 4.5 – 4.6).

Таблица 4.5 – Параметры элементов электрооборудования, вошедшие в первую группу

Наименование	НКГ	ВКГ	Var	Доля попавших в интервал	Вид распределения
Генератор	14,14	14,63	0,55%	97,20%	Нормальное распределение
Напряжение бортсети	11,93	13,05	1,5%	95,20%	Нормальное распределение
Ближний свет	8,71	9,38	1,2%	80,50%	Нормальное распределение
Дальний свет	8,51	9,25	1,4%	86,30%	Нормальное распределение
Противотуманные фары	8,18	9,17	1,9%	79,50%	Нормальное распределение
Прибор звуковой	3,24	3,81	2,7%	85,50%	Нормальное распределение
Габаритные огни	3,28	3,86	2,7%	73,50%	Нормальное распределение
Комбинация приборов	3,26	3,88	2,9%	74,00%	Нормальное распределение
Вентилятор отопителя	3,09	3,69	2,9%	87,00%	Нормальное распределение
Датчик скорости	0,50	0,65	4,3%	66,50%	Нормальное распределение
Электроусилитель рулевого управления	22,25	33,63	6,8%	92,00%	Нормальное распределение
Вентилятор системы охлаждения	19,83	33,72	8,6%	94,40%	Нормальное распределение
Стартер	56,22	100	8,9%	91,30%	Распределение Рэля
Модуль управления светотехникой	2,33	4,84	11,7%	86,30%	Нормальное распределение
Микромотор редуктор отопителя	0,52	1,84	18,7%	86,20%	Нормальное распределение
Датчик фаз	0,35	3,32	27,0%	94,50%	Нормальное распределение
Электростеклоподъемник	1,74	4,53	14,8%	91,50%	Нормальное распределение

На рисунке 4.1 представлены диаграмма фактических значений тестируемого ключевого параметра качества в режиме генератор (а), а также гистограмма распределения фактических параметров после проведения статистических исследований. При этом диагностирование параметра осуществляется при неработающем двигателе внутреннего сгорания и отключенных потребителях БЭЖ.





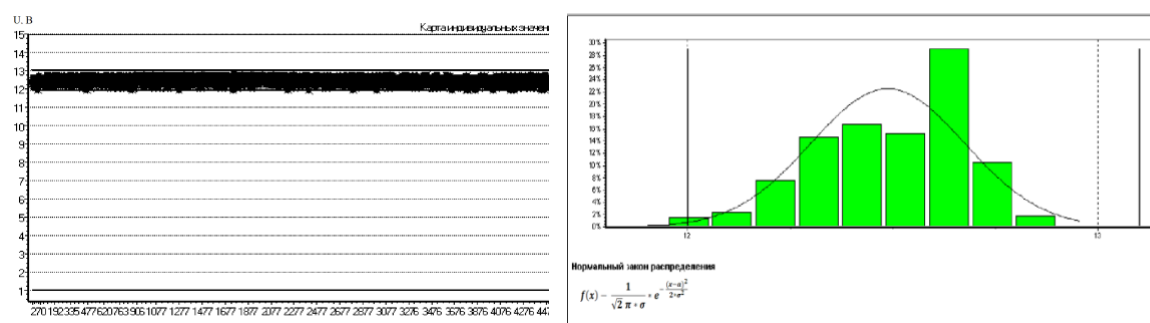
а)

б)

Рисунок 4.1 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества при тестировании в режиме «Генератор» (доля брака 2,8%)

Как видно из результатов исследования по оценке ключевого параметра качества в режиме «Генератор», распределение фактических параметров оценки подчиняется нормальному закону распределения.

На рисунке 4.2 представлены диаграмма фактических значений тестируемого ключевого параметра качества «Напряжение генератора» (а), а также гистограмма распределения фактических параметров после проведения статистических исследований. При этом диагностирование параметра осуществляется при работающем двигателе внутреннего сгорания и отключенных потребителях БЭК.



а)

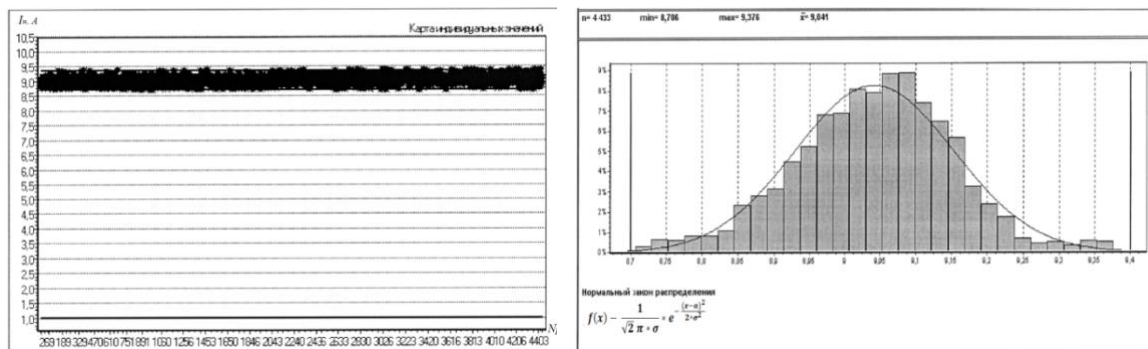
б)

Рисунок 4.2 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества при оценке напряжения бортовой сети (доля брака 4,8%)

Как видно из результатов исследования по оценке ключевого параметра «Напряжение бортовой сети», распределение фактических

параметров оценки подчиняется одномодальному нормальному закону распределения.

Результаты контрольного тестирования ламп в режиме «Ближний свет» представлены на рисунке 4.3.



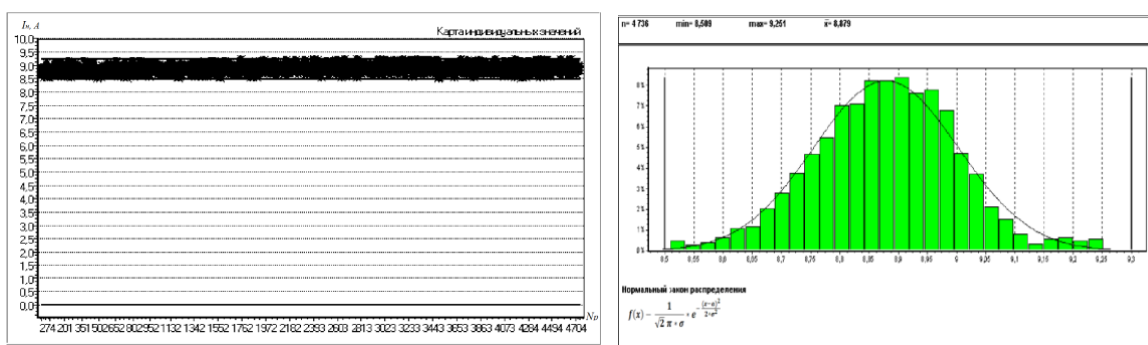
а)

б)

Рисунок 4.3 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества при оценке ламп в режиме «Ближний свет»

Анализ полученных данных (рисунок 4.3) показывает, что распределение ключевого параметра качества при оценке ламп в режиме «Ближний свет» подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемая доля несоответствующей продукции равна 19,5%.

Диаграммы распределения ключевого параметра качества при оценке ламп в режиме дальний свет представлены на рисунке 4.4.



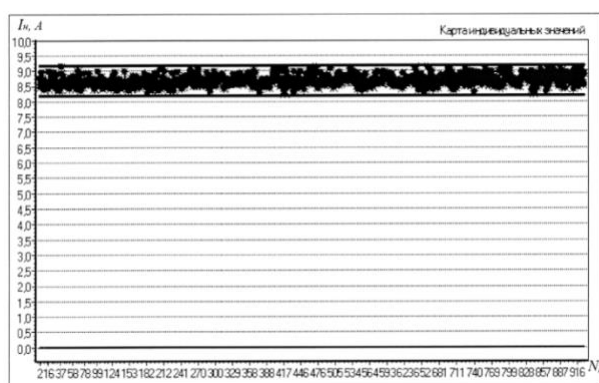
а)

б)

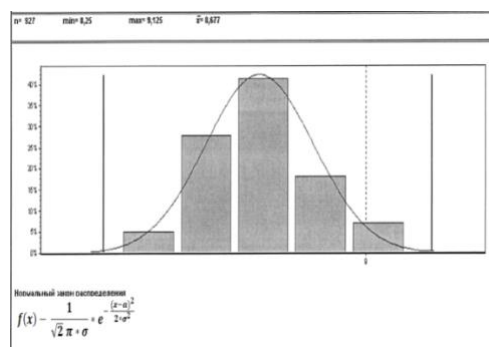
Рисунок 4.4 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества при оценке ламп в режиме «Дальний свет»

Результаты полученных данных при контрольном тестировании ламп в режиме «Дальний свет» показывают, что распределение ключевого параметра качества подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемая доля несоответствующей продукции оценивается на уровне 13,7%.

На диаграммах рисунка 4.5 представлены результаты оценки качества ламп в режиме «Противотуманные фары».



а)



б)

Рисунок 4.5 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества при оценке ламп в режиме «Противотуманные фары»

Результаты полученных данных при контрольном тестировании ламп в режиме «Противотуманные фары» показывают, что распределение ключевого параметра качества подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемая доля несоответствующей продукции оценивается на уровне 20,5%.

На рисунке 4.6 представлены диаграммы по результатам тестирования звукового прибора.

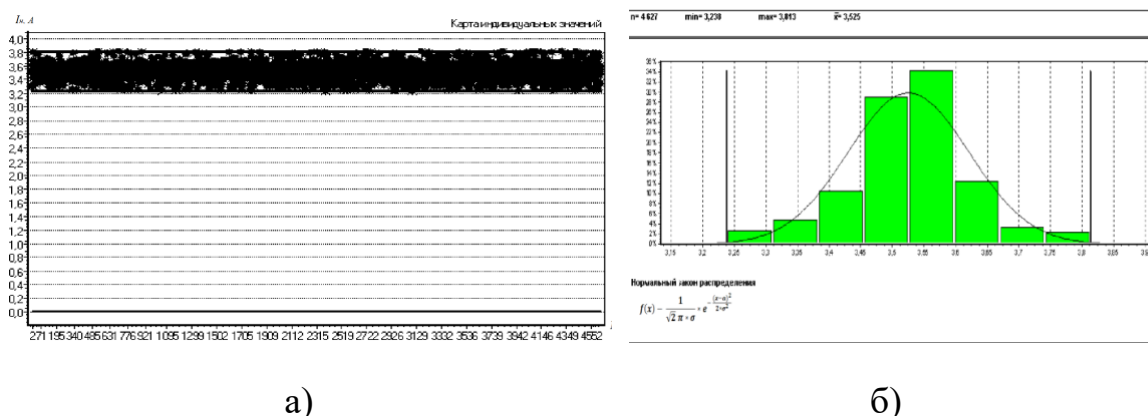


Рисунок 4.6 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества звукового прибора

Анализ полученных данных (рисунок 4.6) показывает, что распределение ключевого параметра качества звукового прибора автомобиля подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемый уровень дефектности соответствует 14,5%.

На рисунке 4.7, представлены результаты статистического исследования изменения ключевого параметра качества ламп в режиме «Габаритные огни».

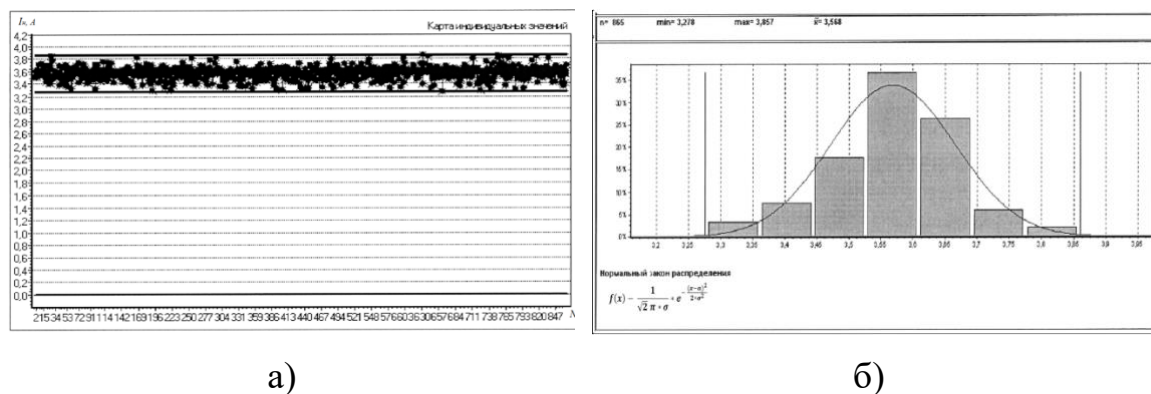


Рисунок 4.7 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества при тестировании ламп в режиме «Габаритные огни»

Анализ полученных данных (рисунок 4.7) показывает, что распределение ключевого параметра качества ламп в режиме «Габаритные огни» подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемый уровень несоответствующей продукции равен 26%.

На рисунке 4.8 представлены диаграммы распределения ключевого параметра качества при контрольном тестировании комбинации приборов.

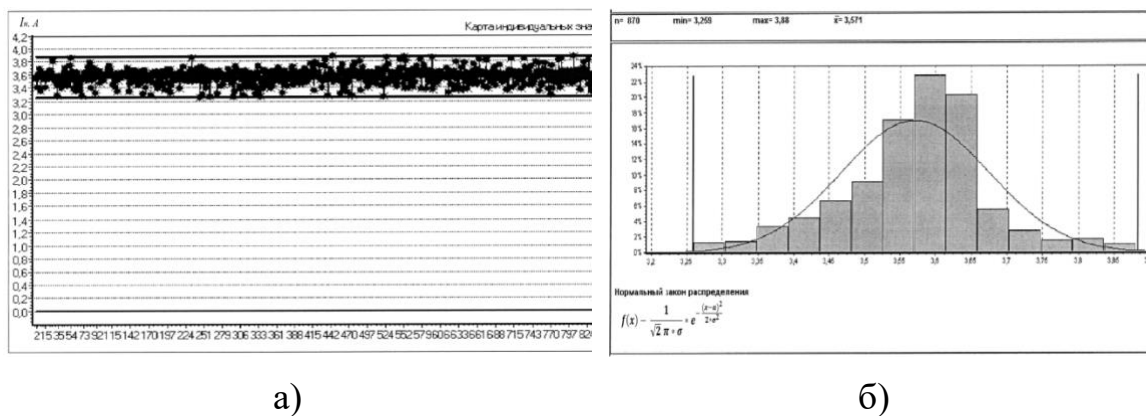


Рисунок 4.8 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества при тестировании комбинации приборов

Полученные результаты (рисунок 4.8) показывают, что распределение ключевого параметра подчиняется нормальному закону распределения, а прогнозируемый уровень дефектности равен 26%.

На рисунке 4.9 представлены результаты контрольного тестирования вентилятора отопителя в первом режиме работы.

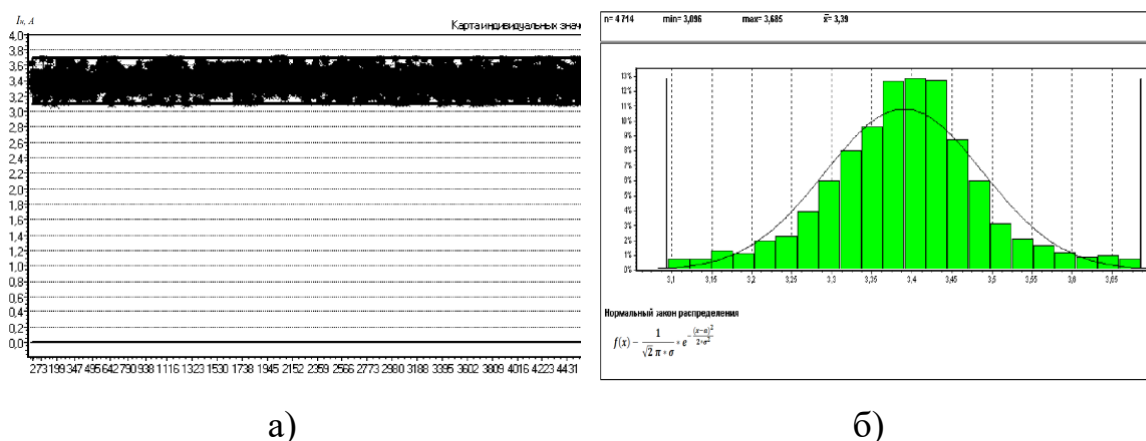


Рисунок 4.9 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества при тестировании вентилятора отопителя в первом режиме работы

Полученные результаты (рисунок 4.9) показывают, что распределение ключевого параметра качества подчиняется нормальному

закону распределения, с прогнозируемым уровнем дефектности равным 13%.

На диаграмме 4.10 представлены результаты контрольного тестирования в режиме оценки датчика скорости.

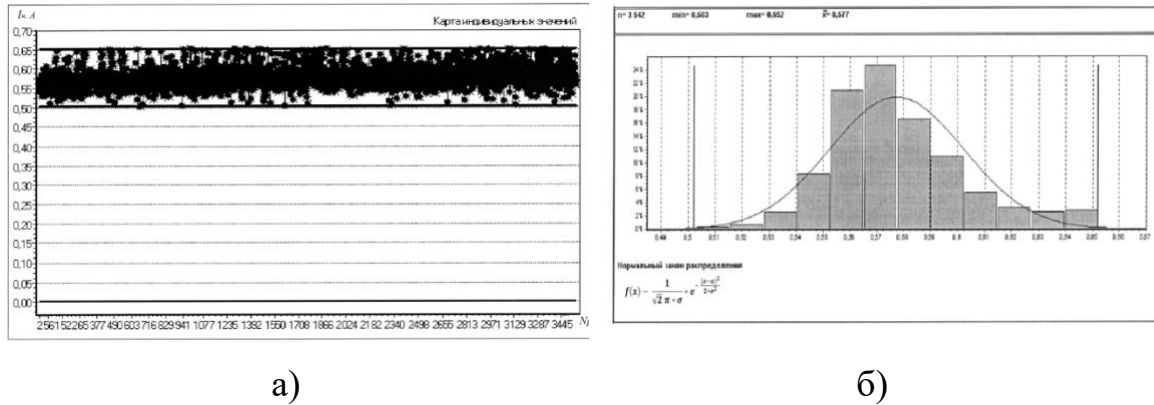
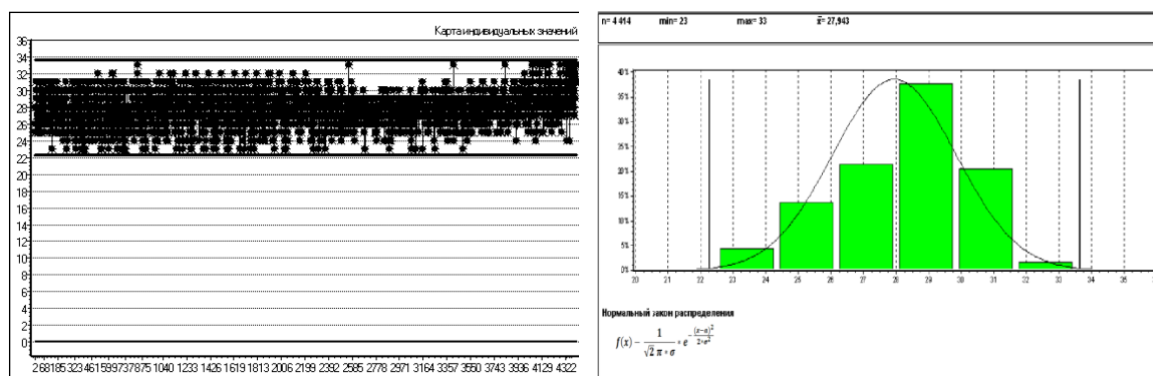


Рисунок 4.10 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества при тестировании датчика скорости

Полученные результаты (рисунок 4.10) показывают, что распределение ключевого параметра качества подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемый уровень дефектности равен 33,5%.

Диаграммы по результатам контрольного тестирования в режиме электроусилитель рулевого управления представлены на рисунке 4.11.



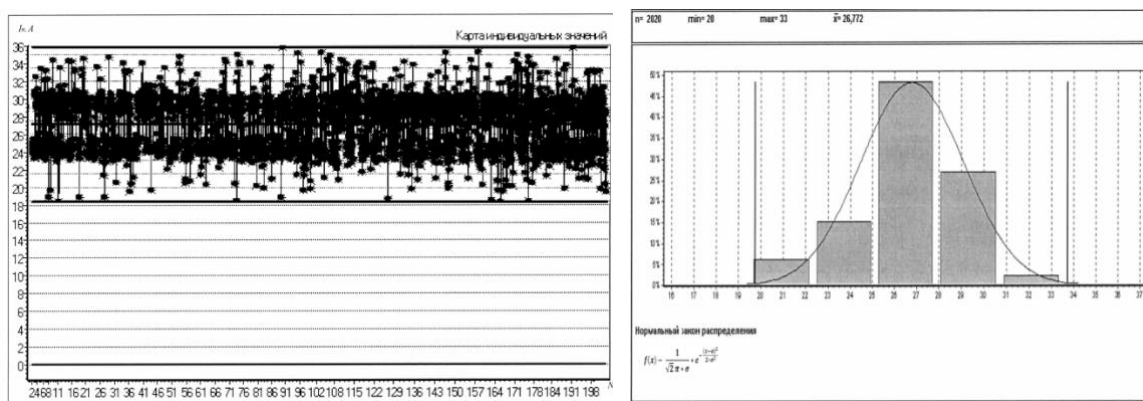
а)

б)

Рисунок 4.11 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества электроусилителя рулевого управления

Полученные данные (рисунок 4.11) показывают, что ключевой параметр качества подчиняется нормальному закону распределения, а прогнозируемый уровень дефектности равен 8%.

Рассмотрим результаты статистического исследования контрольного тестирования вентилятора системы охлаждения (рисунок 4.12).



а)

б)

Рисунок 4.12 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества электровентилятора системы охлаждения

Анализ полученных результатов показывает, что распределение ключевого параметра качества электровентилятора системы охлаждения подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемый уровень дефектности равен 5,6%.

На рисунке 4.13 представлены результаты статистических исследований распределения ключевого показателя качества при тестировании электростартера.

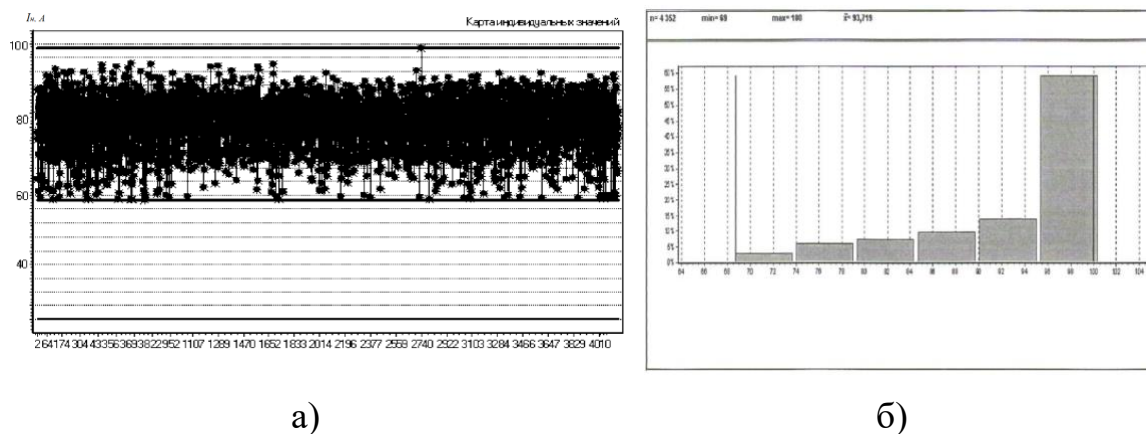


Рисунок 4.13 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества электростартера

Полученные результаты показывают (рисунок 4.13) что ключевой параметр качества электростартера не подчиняется нормальному закону распределения, а ближе всего подходит под распределение Рэля, с прогнозируемым уровнем дефектности, равным 8,7%.

Рассмотрим результаты статистического исследования распределения ключевого параметра качества модуля управления светотехникой (рисунок 4.14).

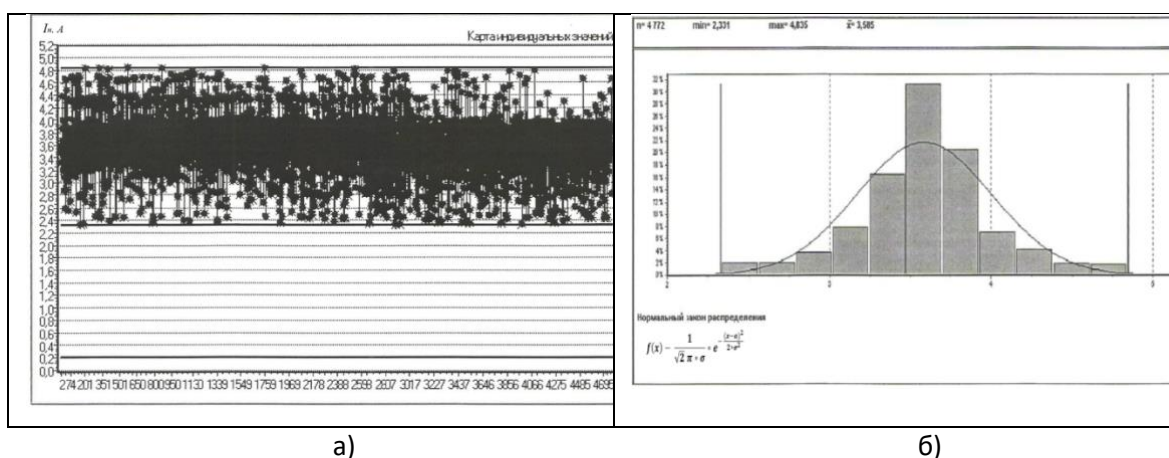


Рисунок 4.14 – Диаграммы распределения ключевого параметра качества модуля управления светотехникой



Полученные результаты (рисунок 4.14) показывают, что распределение ключевого параметра качества подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемый уровень дефектности равен 13,7%.

На рисунке 4.15 представлены результаты статистического исследования качества микроmotor редуктора отопителя при проведении массового контрольного тестирования.

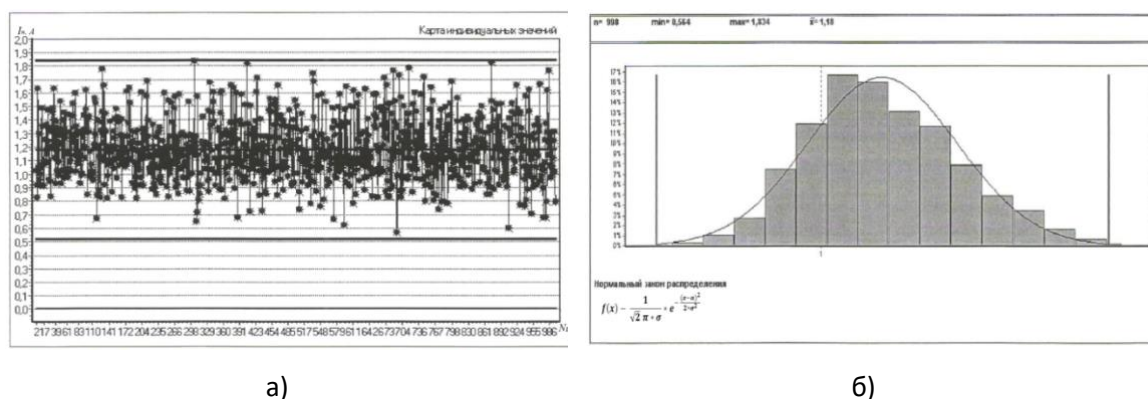
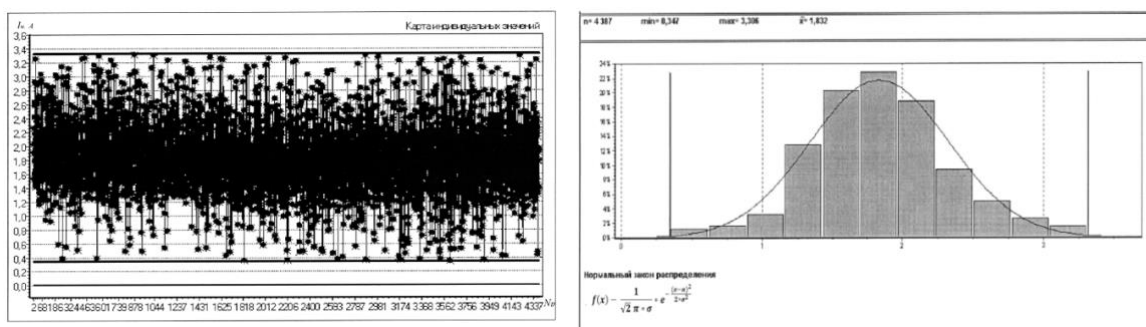


Рисунок 4.15 – Диаграммы распределения ключевого показателя качества микроmotor редуктора отопителя

Полученные данные (рисунок 4.15) показывают, что распределение ключевого параметра качества микроmotor редуктора отопителя подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемый уровень дефектности равен 13,8%.

Рассмотрим результаты контрольного тестирования датчика фаз (рисунок 4.16).



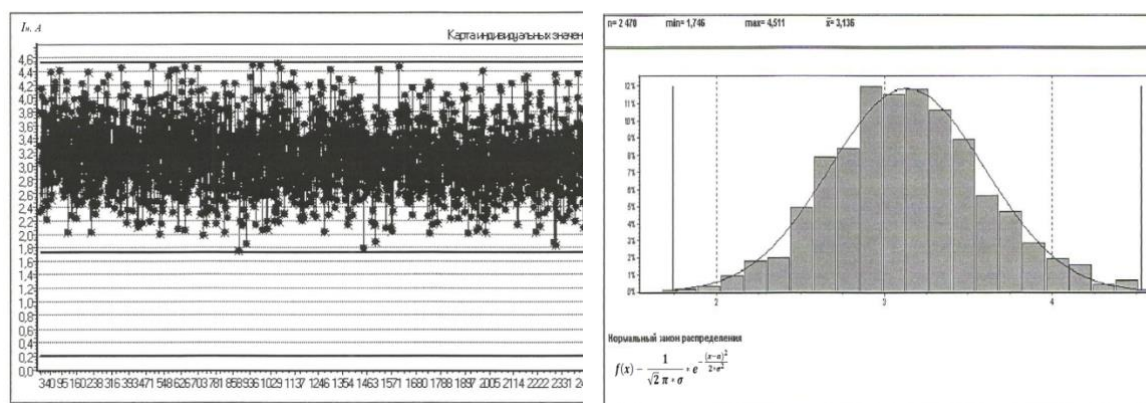
а)

б)

Рисунок 4.16 – Диаграммы распределения ключевого показателя качества датчика фаз

Полученные результаты (рисунок 4.16) показывают, что распределение ключевого параметра качества датчика фаз подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемый уровень дефектности равен 5,5%.

На рисунке 4.17 представлены результаты исследования распределения ключевого параметра качества электростеклоподъемника.



а)

б)

Рисунок 4.17 – Диаграммы распределения ключевого показателя качества электростеклоподъемника

Результаты статистического исследования показывают, что распределение ключевого параметра качества (рисунок 4.17) подчиняется нормальному закону распределения. Прогнозируемый уровень дефектности равен 8,5%.

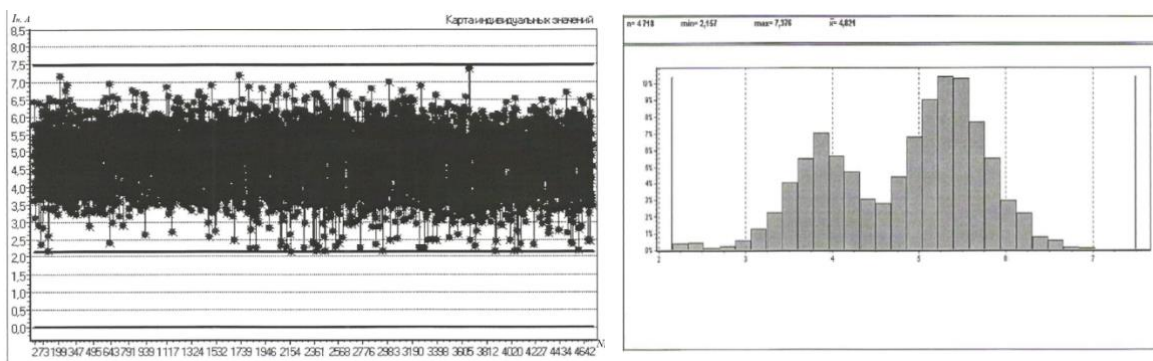
Вторая группа. Нормальное распределение с большой вариацией. Необходимо установить причины столь значительной вариации и наметить пути ее снижения до приемлемого уровня не более 15 %.

Третья группа. Нормальное распределение с изменяющимся во времени средним или два нормальных распределения (таблица 4.6). Возможна смесь изделий из различных партий или различных поставщиков либо измеряются два процесса

Таблица 4.6 – Параметры элементов электрооборудования, вошедшие в третью группу

Наименование	Var	Доля попавших в интервал	Вид распределения
Очиститель ветрового стекла	18,4%	88,20%	Два нормальных распределения
Регулятор холостого хода	28,6%	93,90%	Два нормальных распределения
Реле повторителя	29,2%	93,70%	Два нормальных распределения
Индивидуальная катушка зажигания	18,0%	94,00%	Два нормальных распределения

На рисунке 4.18 представлены результаты исследования распределения ключевого параметра качества очистителя ветрового стекла в первом режиме.



а)

б)

Рисунок 4.18 – Диаграммы распределения ключевого показателя качества очистителя ветрового стекла

Результаты статистического исследования показывают, что распределение ключевого параметра качества (рисунок 4.18) подчиняется нормальному закону распределения. Фиксируется два нормальных распределения, что, скорее всего, соответствует наличию двух независимых поставщиков. Прогнозируемый уровень дефектности равен 11,8%.

Результаты статистического исследования распределения ключевого параметра качества регулятора холостого хода представлены на рисунке 4.19.

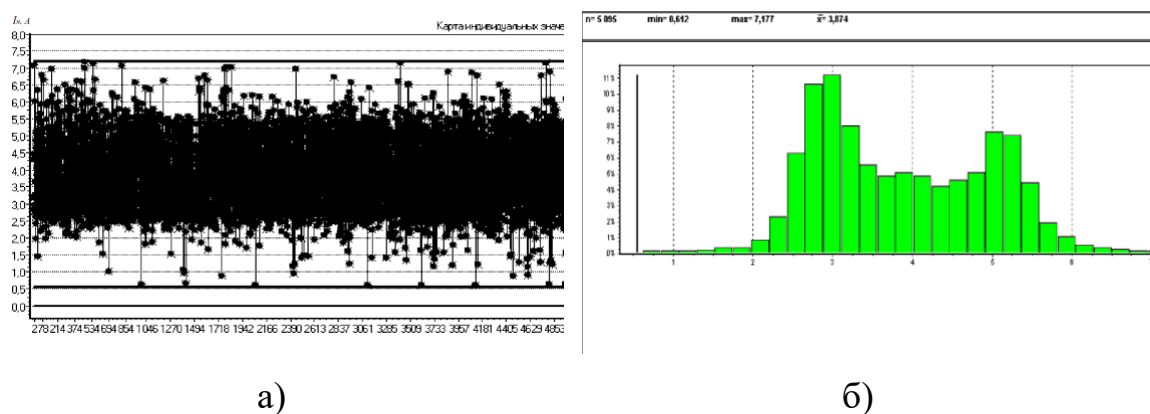


Рисунок 4.19 – Диаграммы распределения ключевого показателя качества регулятора холостого хода

Полученные результаты (рисунок 4.19) показывают, что в случае контрольного тестирования регулятора холостого хода, скорее всего, присутствует два нормальных распределения с близкими средними значениями, что, скорее всего, соответствует наличию двух независимых поставщиков. Прогнозируемый уровень дефектности равен 6,1%.

На рисунке 4.20 представлены результаты статистического исследования контрольного тестирования реле повторителя.

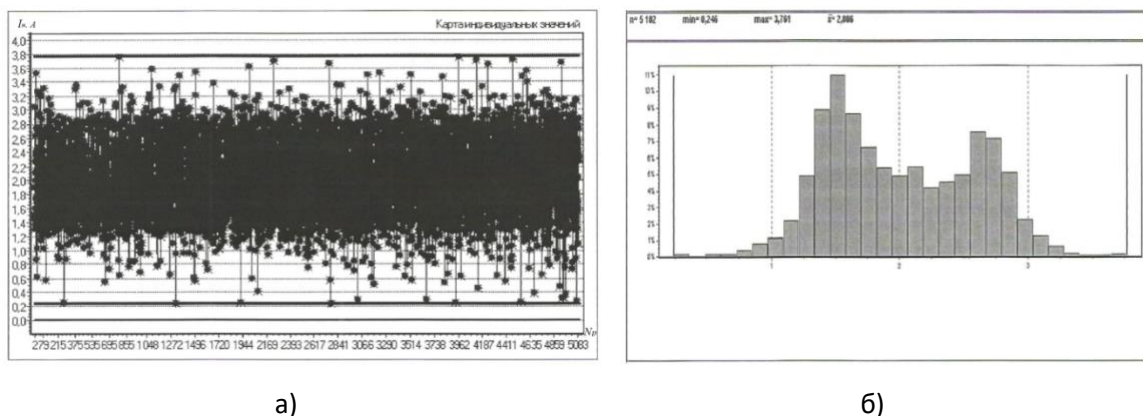


Рисунок 4.20 – Диаграммы распределения ключевого показателя качества реле повторителя

По результатам анализа изменения ключевого параметра качества реле повторителя в ходе контрольного тестирования можно сделать вывод о том, что оцениваемый параметр изменяется по нормальному закону распределения. В данном случае, как и в представленных выше, фиксируем двух независимых поставщиков. Отсюда картина с двумя нормальными распределениями с близкими средними значениями. Прогнозируемый уровень дефектности равен 6,3%.

На рисунке 4.21 представлены результаты статистического исследования распределения ключевого параметра качества индивидуальной катушки зажигания.

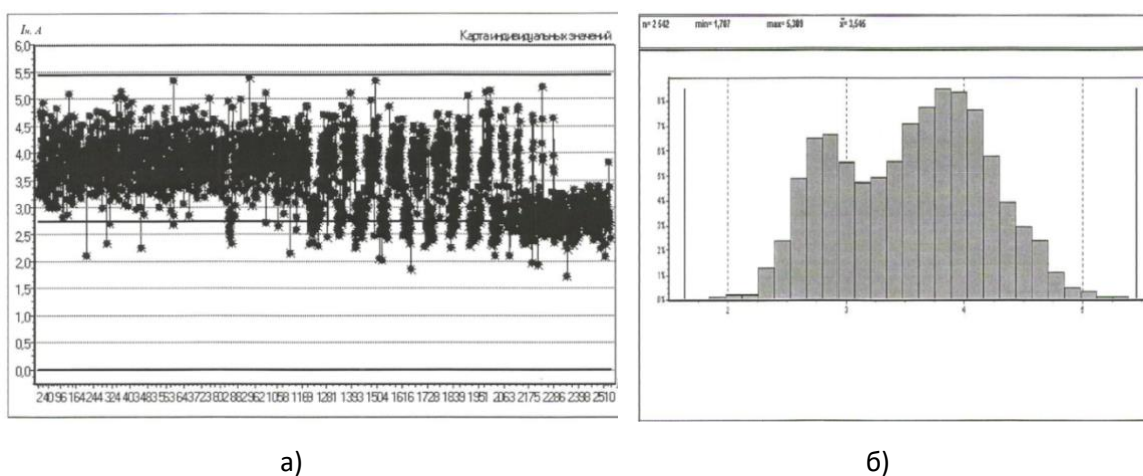


Рисунок 4.21 – Диаграммы распределения ключевого показателя качества индивидуальной катушки зажигания

По результатам контрольных испытаний индивидуальной катушки зажигания можно сделать вывод о том, что присутствуют два нормальных распределения с близкими средними, с приемлемой вариацией (18%). Присутствуют два независимых поставщика. Доля несоответствующей продукции равна 3,1%.

На основе полученных результатов можно сформировать таблицу статистических параметров плана массового приемочного контроля по результатам контрольного тестирования электрокомпонентов в составе системы электрооборудования новых автомобилей в сборе (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Предлагаемые границы допусков и виды распределений выборок «без выбросов»

№ п/п	Наименование	НКГ	ВКГ	Var	Доля попавших в интервал	Вид распределения	Группа
1	Напряжение бортсети	12,14	12,63	0,7%	97,20%	Одномодальное нормальное распределение	1
2	Генератор	13,93	14,05	1,5%	95,20%	Одномодальное нормальное распределение	1
3	Ближний свет	8,71	9,38	1,2%	80,50%	Одномодальное нормальное распределение	1
4	Дальний свет	8,51	9,25	1,4%	86,30%	Одномодальное нормальное распределение	1
5	Противотуманные фары	8,18	9,17	1,9%	79,50%	Одномодальное нормальное распределение	1
6	Прибор звуковой	3,24	3,81	2,7%	85,50%	Одномодальное нормальное распределение	1
7	Габаритные огни	3,28	3,86	2,7%	73,50%	Одномодальное нормальное распределение	1
8	Комбинация приборов	3,26	3,88	2,9%	74,00%	Одномодальное нормальное распределение	1
9	Вентилятор отопителя	3,09	3,69	2,9%	87,00%	Одномодальное нормальное распределение	1
10	Датчик скорости	0,50	0,65	4,3%	66,50%	Одномодальное нормальное распределение	1
11	Электроусилитель рулевого управления	22,25	33,63	6,8%	92,00%	Одномодальное нормальное распределение	1
12	Вентилятор системы охлаждения	19,83	33,72	8,6%	94,40%	Одномодальное нормальное распределение	1

№ п/п	Наименование	НКГ	ВКГ	Var	Доля попавших в интервал	Вид распределения	Группа
13	Стартер	56,22	100	8,9%	91,30%	Распределение Релея	1
14	Модуль управления светотехникой	2,33	4,84	11,7%	86,30%	Одномодальное нормальное распределение	1
15	Очиститель ветрового стекла	2,16	7,49	18,4%	88,20%	Два нормальных распределения	3
16	Микромоторедуктор отопителя	0,52	1,84	18,7%	86,20%	Одномодальное нормальное распределение	1
17	Датчик фаз	0,35	3,32	27,0%	94,50%	Одномодальное нормальное распределение	1
18	Регулятор холостого хода	0,55	7,20	28,6%	93,90%	Два нормальных распределения	3
19	Реле повторителя	0,25	3,77	29,2%	93,70%	Два нормальных распределения	3
20	Индивидуальная катушка зажигания	1,63	5,46	18,0%	94,00%	Два нормальных распределения	3
21	Электростеклоподъемник	1,74	4,53	14,8%	91,50%	Одномодальное нормальное распределение	1

Далее, можно сделать прогнозную оценку по уровню дефектности для электрокомпонентов, исходя из полученных данных: 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%; микромотор редуктора отопителя 13,8%; датчик фаз 5,5%; регулятор холостого хода 6,1%; реле повторителя 6,3%; индивидуальная катушка зажигания – 6%; электростеклоподъемник 8,5%.

По результатам реализации предложенного статистического инструмента контроля, мониторинга и управления качеством электрокомпонентов системы электрооборудования новых автомобилей в сборе получаем: 16 позиций компонентной базы в первой группе; 0 позиций во второй группе; 4 позиции компонентов в третьей группе.

Здесь следует еще раз подчеркнуть аспект, связанный с некоторыми ограничениями, принятыми при разработке и реализации статистического инструмента. Бортовой электротехнический комплекс современного автомобиля включает в себя сотни позиций номенклатуры. Именно по этой причине в детальную разработку при создании статистического инструментария были взяты электрокомпоненты, обладающие недостаточным уровнем качества по данным производственного и эксплуатационного этапов жизненного цикла. Отмечаем, что разработанный статистический инструментарий обладает достаточно широкой универсальностью и может быть применен при организации массового производственного контроля качества всей номенклатуры электрокомпонентов современного автомобиля. Естественно, что при реализации инструмента для всей номенклатуры, которая не рассмотрена в настоящем исследовании, необходимо учитывать показатели вариации ключевого параметра качества всех соответствующих электрокомпонентов.

#### 4.4 Выводы по главе

1. В результате работы получены организационно-технические решения по проведению массового контроля качества электрокомпонентов в составе системы электрооборудования новых автомобилей в сборе, ориентированные под процесс автосборочного производства.
2. Разработан научно-практический инструмент, с помощью которого можно проводить статистический контроль и мониторинг качества электрокомпонентов в составе системы электрооборудования новых автомобилей в сборе в условиях массового производства.
3. В рамках реализации статистического инструмента контроля и мониторинга качества предложена система разделения всей



номенклатуры электрокомпонентов автомобиля на три группы по количественному критерию вариации ключевого параметра качества, предложен механизм по определению индивидуальных границ, определяющих годность электрокомпонентов в процессе массового контроля качества автомобиля в сборе.

4. С использованием предложенного статистического инструментария проведено прогнозирование уровня дефектности электрокомпонентов в составе бортовой сети новых автомобилей в сборе.

5. Применение разработанных организационных и технических решений обеспечивает развитие инструментов управления качеством в автосборочном производстве. Предложенные разработки интегрируются в действующую систему управления и создают дополнительный важный компонент защиты потребителей от дефектной продукции, поскольку реализуют функцию массового контроля качества электрокомпонентов, находящихся в составе системы электрооборудования новых автомобилей в сборе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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%; микромоторредуктор 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.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- 1 Айдаров, Д.В. Развитие теории и практики управления конкурентоспособностью в автомобилестроении на основе методологии потребительской ценности качества: дис. д-ра техн. наук : 05.02.23 /Д.В.Айдаров. – Самара, 2020. – 244 с.
- 2 Балашов, Б.П. Статистический контроль и регулирование качества массовой продукции / Б.П. Балашов, В.А. Долженков – М.: Машиностроение, 1984. – 231 с.
- 3 Барвинок, В.А. Статистические методы управления качеством / А.Н. Чекмарев, В.А. Барвинок, В.В. Шалавин – М.,1999. – 319 с.
- 4 Белобрагин, В.Я. Основы стандартизации / В.Я. Белобрагин, А.В. Жажигалкин, Т.И. Зворыкина. – М: РИА «Стандарты и качество», 2015. – 464 с.
- 5 Биктимирова, Г.Ф. Разработка метода информационно-технологического сопровождения качества автокомпонентов на этапах подготовки производства:автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Г.Ф. Биктимирова. – Москва, 2018. – 22 с.
- 6 Благовещенский, Д.И. Инструменты управления качеством при проектировании новой автомобильной техники / Д.И. Благовещенский, В.Н. Козловский, Р.Р. Гафаров, Н.Р. Шахов // Автомобильная промышленность. –2021. – № 5. – С. 1 – 7.
- 7 Благовещенский, Д.И.Разработка методологии и инструментария комплексной программы улучшений для повышения конкурентоспособности машиностроительных (автосборочных) предприятий. дис. ... докт. техн. наук: 05.02.23 / Д.И. Благовещенский– Самара, 2021. – 600 с.
- 8 Благовещенский, Д.И. Инструментарий «Малой цифровизации» в автомобильном производстве / Д.И. Благовещенский, В.Н. Козловский, А.В. Заятров, С.И. Клейменов // Стандарты и качество. – 2020. – № 9. – С. 90 – 95.

- 9 Благовещенский, Д.И. Ключевые аспекты разработки стандарта оценки качества производства продукции машиностроения глазами потребителя / Д.И. Благовещенский, В.Н. Козловский, Д.И. Панюков, Р.Р. Гафаров // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2021. – № 3. – С. 214 – 219.
- 10 Благовещенский, Д.И. Цифровизация производства: новый формат статистических инструментов управления качеством / Д.И. Благовещенский, В.Н. Козловский, Г.Л. Юнак, С.И. Клейменов // Стандарты и качество. – 2020. – № 7. – С. 102 – 107.
- 11 Бойцов, Б.В. Антология русского качества / Б.В. Бойцов, Ю.В. Крянев, М.А. Кузнецов, В.Н. Азаров. – М.: РИА «Стандарты и качество», 2003. – 432 с.
- 12 Бойцов, В.В. Научные основы комплексной стандартизации технологической подготовки производства / В.В. Бойцов. – М.: Машиностроение, 1982. – 319 с.
- 13 Боровиков, В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов / В.П. Боровиков. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
- 14 Брагин, Ю.В. Путь QFD. Проектирование и производство продукции исходя из ожиданий потребителей / Ю.В. Брагин, В.Ф. Корольков. – Ярославль: Негосударственное некоммерческое образовательное учреждение "Центр качества", 2003. – 240 с.
- 15 Брандт, З. Анализ данных. Статистические и вычислительные методы для научных работников и инженеров / пер. с англ.; З. Брандт. – М. : Мир, 2003. – 686 с.
- 16 Васильев, В.А. Методология управления и улучшения качества инновационных технологических процессов / В.А. Васильев, С.А. Одинокоев. – М., 2016. – 160 с.
- 17 Васильев, В.А. Управление качеством и сертификация / В.А. Васильев [и др.]; под ред. В.А. Васильева. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002. – 416 с.

- 18 Версан, В. Г. Системы управления качеством продукции / В. Г. Версан, И. И. Чайка. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 102 с.
- 19 Версан, В.Г. Интеграция управления качеством продукции: новые возможности / В.Г. Версан. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 228 с.
- 20 Гейлер З.Ш. Самонастраивающиеся системы активного контроля [Текст] / З.Ш. Гейлер. – М.: Машиностроение, 1978. – 224 с.
- 21 Герасимов, А.В. Методы идентификации и оперативного прогнозирования состояния агрегатов автомобиля для автоматизированной бортовой системы управления: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06 / А.В. Герасимов. – Москва, 2014. – 26 с.
- 22 Гличев, А.В. Основы управления качеством продукции / А.В. Гличев. – М.: Стандарты и качество, 2001. – 424 с.
- 23 Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с.
- 24 Годлевский, В. Е. Применение статистических методов в автомобилестроении / В. Е. Годлевский, А. Н. Плотников, Г. Л. Юнак; под ред. А. В. Васильчука. – Самара: ГП "Перспектива", 2003. – 196 с.
- 25 ГОСТ Р ИСО 11462-1-2007. Статистические методы. Руководство по внедрению статистического управления процессами.
- 26 ГОСТ Р ИСО 22514-7-2014. Статистические методы. Управление процессами. Часть 7. Воспроизводимость процессов измерений.
- 27 ГОСТ Р ИСО 7870-1-2011. Статистические методы. Контрольные карты.
- 28 ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – М.: Стандартиформ, 2015. – 53 с.
- 29 ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. – М.: Стандартиформ, 2015. – 32 с.
- 30 ГОСТ Р ИСО 9004-2010 Менеджмент для достижения устойчивого успеха организации. Подход на основе менеджмента качества. – М.: Стандартиформ, 2011. – 46 с.



- 31 ГОСТ Р ИСО 9004-2019. Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации. – М.: Стандартиформ, 2015. – 62 с.
- 32 ГОСТ Р МЭК 61508-1-2012. Функциональная безопасность систем электрических, электронных, программируемых электронных, связанных с безопасностью: в 7 ч. – М.: Стандартиформ, 2013 – 94 с.
- 33 ГОСТ Р 54732-2011. Менеджмент качества. Удовлетворенность потребителей. Руководящие указания по мониторингу и измерению. – М.: Стандартиформ, 2012. – 28 с.
- 34 Деминг, Э. Выход из кризиса: Новая парадигма управления людьми, системами и процессами / Э. Деминг; пер. с англ.. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 370 с.
- 35 Заятров, А.В. Комплексная оценка качества и надёжности электрооборудования легкового автомобиля: дис. ... канд. техн. наук : 05.09.03 / А.В. Заятров. – Тольятти, 2013. – 186 с.
- 36 Заятров, А.В., Козловский, В.Н. Комплексная оценка качества и надёжности электрооборудования транспортных средств : монография / А.В. Заятров, В.Н. Козловский. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН. – 2014. – 176 с.
- 37 Калабро, С.Р. Принципы и практические вопросы надежности [Текст] / С.Р. Калабро; пер. с англ.. – М.: Машиностроение, 1966. – 376 с.
- 38 Клейменов, С.И. Вероятностно-статистическое моделирование в вопросах цифровизации процессов управления конкурентоспособностью / С.И. Клейменов, Д.В. Айдаров, В.Н. Козловский, Г.Л. Юнак // Методы менеджмента качества. – 2018. – № 9. – С. 26 – 32.
- 39 Клейменов, С.И. Параметры тревожных сигналов в области качества автомобилей в эксплуатации / С.И. Клейменов, С.А. Шанин, В.Н. Козловский // Управление качеством: избранные научные труды Семнадцатой Международной научно-практической конференции. – Москва, 2018. – С. 409 – 414.

- 40 Клейменов, С.И. Проблемы и перспективы интеллектуализации управления качеством сборочных процессов в автомобилестроении / С.И. Клейменов, В.Н. Козловский, Д.В. Антипов, Д.В. Айдаров // Автомобильная промышленность. – 2018. – № 10. – С. 1–5.
- 41 Клейменов, С.И. Производственный комплекс диагностики работоспособности системы электрооборудования автомобилей / С.И. Клейменов, В.Н. Козловский, М.А. Пьянов, М.В. Шакурский // Грузовик. – 2018. – № 10. – С. 19–22.
- 42 Клейменов, С.И. Разработка комплекса инструментов экспертного и встроенного статистического управления качеством в автомобильном производстве: диссертация кандидата технических наук: 05.02.23 / С.И. Клейменов– Самара, 2020.
- 43 Клячкин, В.Н. Статистические методы в управлении качеством: компьютерные технологии / В.Н. Клячкин. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 304 с.
- 44 Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
- 45 Козловский В.Н., Айдаров Д.В., Панюков Д.И., Васильев М.М. Концепция цифровой среды поддержки управления конкурентоспособностью // Стандарты и качество. – 2018. – № 6. – С. 86–89.
- 46 Козловский, В. Н. Методика ранжирования проблем качества высокотехнологичной продукции машиностроения по экономическим критериям / В. Н. Козловский, Н. В. Афиногентова, А. В. Зятров // Актуальные проблемы экономики. – 2016. – №3. – С. 329–344.
- 47 Козловский, В. Н. Обеспечение качества и надежности системы электрооборудования автомобилей: диссертация д-ра техн. наук / В.Н. Козловский. – Тольятти, 2010. – 440 с.

- 48 Козловский, В. Н. Обеспечение качества и надежности электрооборудования автомобилей: монография/ В.Н. Козловский. – Тольятти: ТГУ, 2009. – 274 с.
- 49 Козловский, В. Н. Перспективные направления аналитических исследований качества и надежности автомобилей в эксплуатации / В. Н. Козловский, В. И. Строганов, Д. И. Панюков, Н. В. Афиногентова // Труды НАМИ. – 2014. – №259. – С.79 – 87.
- 50 Козловский, В. Н. Прогнозное моделирование в вопросах обеспечения гарантии новых автомобилей / В. Н. Козловский, Д. И. Панюков, Н. В. Афиногентова // Актуальные проблемы экономики. – 2015. – № 2. – С. 420 – 426.
- 51 Козловский, В.Н. Обеспечение качества электромобилей и гибридов в эксплуатации / В.Н. Козловский, В.И. Строганов. – М.: PalmariumAcademicPublishing, AV AkademikerverlandGmbH&Co., Deutschland. – 2015. – 405 с.
- 52 Корчагин, В. А. Организация подсистемы предремонтного диагностирования агрегатов автомобилей при их централизованном ремонте по техническому состоянию: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / В.А. Корчагин. – Санкт Петербург, 2014. – 20с.
- 53 Котлер, Ф. Маркетинг- менеджмент; пер. с англ. / Ф. Котлер. – СПб.: Питер, 2003. – 496 с.
- 54 Красильников, В.В. Квалиметрия как теоретическая база оценки качества образования, [Текст]: / В.В. Красильников, В.С. Тоискин, А.В. Шумаков: учеб. пособие. – Ставрополь: Изд-во СГПИ, 2008. – 120 с.
- 55 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.
- 56 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.
- 57 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.
- 58 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. НПП «Томилинский электронный завод». – 2020. – №2. – С.43-47.
- 59 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.
- 60 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. НПП «Томилинский электронный завод». – 2020. – №5. – С.40-45.
- 61 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.

- 62 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.
- 63 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.
- 64 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. НПП «Томилинский электронный завод». – 2022. – №3. – С.44-48.
- 65 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.
- 66 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.
- 67 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.

- 68 Лapidус, В. Система управления качеством (TQM) в российских компаниях / В. Лapidус. – М.: ОАО "Типография Новости", 2000. – 432 с.
- 69 Лapidус, В.А. Бережливое производство: от зарубежного опыта к разработке национального стандарта / В.А. Лapidус, А.Н. Грачев // Сертификация. – 2014. – № 4. – С. 8–11.
- 70 Макарова, А.Н. Методика оперативного корректирования нормативов периодичности технического обслуживания с учетом фактических условий эксплуатации автомобилей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / А.Н. Макарова – Оренбург, 2016. – 16 с.
- 71 Нив, Г. Пространство доктора Деминга. Принципы построения устойчивого бизнеса / Г. Нив; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 376 с.
- 72 Николаев П.А. Электромагнитная совместимость автотранспортных средств / П.А.Николаев, Л.Н. Кечиев / под ред. Л.Н. Кечиева. – М.: Грифон, 2015. – 424 с.
- 73 Об утверждении Стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28 апреля 2018 года № 831-р // Справочно-правовая система «Гарант-аналитик».
- 74 Питерс, Т.Дж., Уотермен-мл., Р.Х. В поисках совершенства. Уроки самых успешных компаний Америки / Т.Дж. Питерс, Р.Х. Уотермен-мл. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. – 560 с.
- 75 Полякова, Е.В. Разработка и внедрение системы оценки качества и конкурентоспособности автомобилей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.23 / Е.В. Полякова. – Тольятти, 2016. – 16 с.
- 76 Полякова, М.А. Использование математических моделей при согласовании требований стандарта / М.А. Полякова, Ю.В. Данилова // Компетентность. – 2016. – № 9-10. – С. 68–72.
- 77 Правила № 10. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении

электромагнитной совместимости. /Добавление 9. – Пересмотр 3, 4, 5. – ЕЭК ООН, 2008, 2012, 2014, <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2020/R010r6r.pdf>

- 78 Пушкарев, М.И. Анализ и синтез систем управления технологическими объектами с интервальными параметрами на основе корневых показателей качества: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06 / М.И. Пушкарев. – Томск, 2014. – 22 с.
- 79 Пузаков, А.В. Методика диагностирования автомобильных генераторов по параметрам выходного напряжения: диссертация канд. техн. наук: 05.22.10 / А.В. Пузаков. – Оренбург, 2016. – 185 с.
- 80 Подгорний, А.С. Совершенствование системы контроля бортового электротехнического комплекса автомобилей на помехоустойчивость к электромагнитным воздействиям: диссертация кандидата технических наук: 05.09.03 / А.С. Подгорний – Самара, 2019. – 185 с.
- 81 Подгорний, А.С. Система контроля помехоустойчивости бортового электротехнического комплекса автомобилей к электромагнитным воздействиям: монография / А.С. Подгорний, П.А. Николаев, В.Н. Козловский // Тула: Изд-во ТулГУ, 2022. – 180 с.
- 82 Пьянов, М.А. Повышение качества и оперативности диагностирования автомобильного электрооборудования: диссертация кандидата технических наук: 05.09.03 / М.А. Пьянов – Самара, 2006. – 150 с.
- 83 Строганов, В.И. Повышение эксплуатационных характеристик электромобилей и автомобилей с комбинированной энергоустановкой: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.09.03 / В.И. Строганов. – Самара, 2014. – 43 с.
- 84 Саксонов, А.С. Совершенствование инструментария обеспечения качества автомобильного генератора при проектировании и в производстве: диссертация кандидата технических наук: 2.4.2 / А.С. Саксонов – Самара, 2022. – 144 с.

- 85 Фасхиев, Х.А. Конкурентоспособность организации. Оценка и управление / Х.А. Фасхиев. – Уфа: УГАТУ, 2019. – 275 с.
- 86 Фейгенбаум, А. Контроль качества продукции: пер. с англ. / А. Фейгенбаум; авт. предисл. и научн. ред. А.В. Гличев. – М.: Экономика, 1986. – 471 с.
- 87 Фишберн, П. Методы оценки аддитивных ценностей. В кн. Статистическое измерение качественных характеристик / П. Фишберн.– М.: Статистика, 1972. – 834 с.
- 88 Хаббигер Э. Электромагнитная совместимость. Основы ее обеспечения в технике / Э. Хаббигер; пер. с нем. / И.П. Кужекин; под ред. Б.К. Максимова. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 304 с.
- 89 Харингтон Дж. Управление качеством в американских корпорациях. – М., 1990. – 271,[1] с.: ил.; 20 см
- 90 Чесалин, А.Н. Управление качеством высоконадежной, наукоемкой продукции на основе оптимальных статистических критериев: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.02.23 / А.Н. Чесалин. – Москва, – 2015. – 21с.
- 91 Шадрин, А.Д. Менеджмент качества. От основ к практике / А.Д. Шадрин. – М.: Изд-во Трек, 2004. – 360 с.
- 92 Шалаев, А.П. Процессное управление в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001:2008. И не только / А.П. Шалаев, Л.Е. Скрипко // Методы менеджмента качества. – 2010. – № 1. – С. 14–17.
- 93 Шалдыкин, В. П. Качество - главное условие возрождения отечественного автомобилестроения / В. П. Шалдыкин // Автомобильная промышленность. – 1997. – №9. – С. 1; №10. – С. 1; №12. – С. 1 – 5.
- 94 Шалдыкин, В. П. Качество - стратегия управления предприятием / В. П. Шалдыкин // Автомобильная промышленность. – 1998. – №10. – С.1 – 6.
- 95 Шанин, С.А. Совершенствование методик и инструментария системы мониторинга качества автомобилей в эксплуатации: диссертация



- кандидата технических наук: 05.02.23 / С.А. Шанин. – Самара, 2019. – 153 с.
- 96 Шор, Я. Б. Методы комплексной оценки качества продукции / Я. Б. Шор. – М., 1971. – 56 с.
- 97 Щипанов, В.В. Процессный подход и целостность системы менеджмента качества / В.В. Щипанов, Д.В. Айдаров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – № 4-4. – С. 795–802.
- 98 Golder, P. What is Quality? An Integrative Framework of Processes and States / P. Golder, D. Mitra, C. Moorman // Journal of Marketing. – 2012. – Vol. 76. – № 4. – P. 1–23.
- 99 ISO 11451-1. Road vehicles. Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy. Part 1: General principles and Terminology. – 2005. <https://www.iso.org/standard/37998.html>
- 100 ISO 11451-2. Road vehicles. Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy. Part 2: Off-vehicle radiation sources. – 2005. <https://www.iso.org/standard/37999.html>
- 101 ISO 11451-3. Roadvehicles. Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy. Part 3: On-board transmitter simulation. Second edition. – 2007. <https://www.iso.org/standard/59604.html>
- 102 Kozlovskiy, V. Development of remote tools to assess the effectiveness and quality of car service enterprises work / V. Kozlovskiy, D. Aydarov // International Journal for Quality Research. – 2017. – Vol. 11. – № 3. – P. 573–586.
- 103 Kozlovskiy, V. System of Customer Satisfaction Monitoring by New Cars in View of Perceived Quality / V. Kozlovskiy, D. Aydarov // Quality – Access to Success. – 2017. – Vol. 18. – № 161. – P. 54–58.
- 104 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
- 105 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>
- 106 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.
- 107 Taguchi, G. Taguchi's Quality Engineering Handbook / G. Taguchi, S. Chowdhury, Y. Wu. – New York: Wiley, 2005. – 1662 p.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1

## СПРАВКА

О ВНЕДРЕНИИ ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРАКТИКУ ПАО «КАМАЗ»

В рамках совместной работы ПАО «КАМАЗ» и ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «СамГТУ») реализуются комплексные мероприятия по совершенствованию организационно-технической деятельности в области улучшения качества продукции и услуг.

Под научным руководством д.т.н., профессора ФГБОУ ВО «СамГТУ» Козловского В.Н. решаются задачи по совершенствованию инструментов контроля и мониторинга качества продукции и услуг на этапах жизненного цикла.

Решением задачи по развитию инструментов контроля качества электрооборудования на финишном этапе производства автомобилей занимается аспирант ФГБОУ ВО «СамГТУ» Крицкий Алексей Викторович.

Настоящей справкой подтверждается, что разработанный Крицким А.В. расчетно-статистический инструментарий контроля качества электрокомпонентов новых автомобилей в производстве, применяется в практике ПАО «КАМАЗ» и обеспечивает выявление дефектного электрооборудования, которое успешно прошло этап входного контроля качества, однако при сборке, в составе системы электрооборудования новых автомобилей имеет несоответствующий уровень стабильности ключевых выходных электротехнических параметров.

Разработанный вероятностно-статистический инструмент контроля качества электрокомпонентов используется Департаментом технического контроля качества для организации мониторинга качества электрооборудования в процессе производства новых автомобилей.

Все предложенные технические решения прошли апробацию, внедрены в практику ПАО «КАМАЗ» и обеспечивают экономический эффект в размере 2,7 млн. руб. в год, в ценах 2021г.

Заместитель директора Департамента  
технического контроля ПАО «КАМАЗ»,

К.Т.Н.



С.А. Шанин