



БФУ
ИМЕНИ И. КАНТА

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ, ПОИСКОВЫЕ, ПРИКЛАДНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЕКТЫ**

**Сборник трудов
IV Национальной научно-практической
конференции**



27 – 31 мая 2025 года
Россия, г. Калининград



УДК 681.3 + 681.5
Ф94

Ф94 Фундаментальные, поисковые, прикладные исследования и инновационные проекты: сборник трудов Национальной научно-практической конференции./ под.ред. С.У.Увайсова – Москва: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. проф. Жуковского, 2025, 1184 с.

Представлены материалы национальной научно-практической конференции. Сборник отражает современное состояние инноватики в образовании, науке, промышленности, социально-экономической сфере и медицине с позиций внедрения новейших информационных и коммуникационных технологий. Представляет интерес для широкого круга специалистов, научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов вузов, связанных с инновационной деятельностью.

Редакционная коллегия:

Березовская Ю.С., Битюков В.К., Голованова Н.Б., Дементьев А.Н., Долматов А.В. (отв. ред.), Ефимова Ю.А., Иванов В.С., Иванов И.А. (отв. ред.), Климова Е.И., Кудж С.А., Куликов Г.В., Легкий Н.М., Мартынова Ю.А., Меркулов А.А., Молоканов Г.О., Молоканова О.О., Муромцев Д.Ю., Пашков А.Н., Прокопов Н.И., Садовнича И.О., Сигов А.С., Тимошенко А.В., Томашевская В.С., Увайсов С.У. (гл. ред.), Чернова Н.И., Черенков В.И., Черновская В.В., Шульгин А.В., Шумилин А.С.



МЕРОПРИЯТИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

1. МАТЕМАТИКА, ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
2. ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СИСТЕМЫ СВЯЗИ
3. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНДУСТРИАЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ
4. ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ
5. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ
6. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

КОНТАКТЫ ОРГКОМИТЕТА:

Иванов Илья Александрович, тел.: +7-926-383-07-40
Долматов Алексей Вячеславович, тел: +7-916-852-79-39
Молоканов Георгий Олегович, тел:+7-988-929-76-19

Председатель оргкомитета - Увайсов Сайгид Увайсович тел.: +7-916-336-08-20

E-mail: nat_conf@mirea.ru

Web: nat.diag.ru



ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

| | |
|------------------|--|
| Сигов А.С. | НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ академик РАН, д.ф.-м.н., проф., президент РТУ МИРЭА |
| Кудж С.А. | СОПРЕДСЕДАТЕЛЬ д.т.н., проф., ректор РТУ МИРЭА |
| Демин М.В. | СОПРЕДСЕДАТЕЛЬ и.о. ректора БФУ им. И.Канта |
| Баламирзоев Н.Л. | к.э.н., доцент, ректор ДГТУ |
| Бакаев А.А. | д.и.н., к.ю.н., доцент, директор ИКБ РТУ МИРЭА |
| Гойхман А.Ю. | к.ф.-м.н., научный руководитель НОЦ «ФН» БФУ им. И.Канта |
| Голованова Н.Б. | д.э.н., проф., зам. первого проректора РТУ МИРЭА |
| Графов Ю.Г. | проректор по экономическим и финансовым вопросам РТУ МИРЭА |
| Дебердеев Т.Р. | д.т.н., проф., директор ИТЦ Автотор |
| Дементьев А.Н. | д.т.н., директор ИРИ РТУ МИРЭА |
| Дмитриева М.А. | д.ф.-м.н., проф. ОНК «ИВТ» БФУ им. И.Канта |
| Зуев А.С. | к.т.н., доцент, директор ИИТ РТУ МИРЭА |
| Клемешев А.П. | д.п.н., проф., президент БФУ им. И. Канта, председатель Совета ректоров вузов Калининградского региона |
| Лейцин В.Н. | д.ф.-м.н., проф., зав.лаб. ФПМ БФУ им. И.Канта |
| Маслов М.А. | д.х.н., доцент, директор ИТХТ им. М.В. Ломоносова РТУ МИРЭА |
| Молоканова О.А. | к.т.н., доцент, директор НОЦ «ПКМ «Smart Textiles» БФУ им. И.Канта |
| Муромцев Д.Ю. | д.т.н., проректор по научной работе ТГТУ |
| Мыльникова А.Н. | к.э.н., директор ИТУ РТУ МИРЭА |
| Пашков А.Н. | к.т.н., директор ПИШ СВЧ-электроники РТУ МИРЭА |
| Петушков Г.В. | проректор по молодёжной политике РТУ МИРЭА |
| Прокопов Н.И. | д.х.н., проф., первый проректор РТУ МИРЭА |
| Пушкин П.Ю. | к.т.н., директор ИПТИП РТУ МИРЭА |
| Рогов И. Е. | к.т.н., проректор РТУ МИРЭА |
| Родионова В.В. | к.ф.-м.н., директор НОЦ «УМБП» БФУ им. И.Канта |
| Романов М.П. | д.т.н., проф., научный руководитель ИИИ РТУ МИРЭА |
| Самусев И.Г. | к.ф.-м.н., врио проректора по научной работе БФУ им. И.Канта |
| Снигирёв А.А. | к.ф.-м.н., директор МНИЦ «КРОУМ» БФУ им. И.Канта |
| Тимошенко А.В. | д.т.н., проф., проректор по учебной работе РТУ МИРЭА |
| Фисенко Г.В. | проректор РТУ МИРЭА |
| Юров А.В. | д.ф.-м.н., проф., руководитель ОНК «ИВТ» БФУ им. И.Канта |

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

| | |
|------------------|--|
| Увайсов С.У. | СОПРЕДСЕДАТЕЛЬ д.т.н., профессор, зав. кафедрой, РТУ МИРЭА |
| Молоканов Г.О. | СОПРЕДСЕДАТЕЛЬ н.с. НОЦ «ПКМ «SmartTextiles» БФУ им. И.Канта |
| Березовская Ю.С. | МНИЦ «КРОУМ» БФУ им. И.Канта |
| Битюков В.К. | д.т.н., профессор РТУ МИРЭА |
| Воруничев Д.С. | зам. директора ИРИ РТУ МИРЭА |
| Долматов А.В. | к.т.н., доцент, РТУ МИРЭА |
| Ефимова Ю.А. | к.х.н., доцент, зам.первого проректора РТУ МИРЭА |
| Замуруев С.Н. | д.т.н., доцент, зав. каф., РТУ МИРЭА |
| Ибрагимов А.В. | гл. конструктор СКТБ экстерьерных и интерьерных деталей ИТЦ Автотор |
| Иванов В.С. | к.т.н., доцент, РТУ МИРЭА |
| Иванов И.А. | к.т.н., доцент, РТУ МИРЭА |
| Костин М.С. | д.т.н., доцент, зав. каф., РТУ МИРЭА |
| Крейдер О.А. | к.т.н., доцент, проректор, гос. университет «Дубна» |
| Куликов Г.В. | д.т.н., профессор РТУ МИРЭА |
| Легкий Н.М. | д.т.н., профессор, зав. каф., РТУ МИРЭА |
| Лежнина Ю.А. | к.т.н., доцент, зам. директора ИПТИП РТУ МИРЭА |
| Меркулов А.А. | к.т.н., зав. каф., РТУ МИРЭА |
| Милованов Р.В. | вед. инженер РТУ МИРЭА |
| Милованова Н.В. | ученый секретарь УС РТУ МИРЭА |



| | |
|-------------------|---|
| Молоканова О.О. | к.ф.-м.н., н.с., НОЦ «ПКМ «SmartTextiles» БФУ им. И.Канта |
| Никишина Е.Е. | к.х.н., доцент, зам. директора ИРИ РТУ МИРЭА |
| Парамонов А.А. | д.т.н., профессор РТУ МИРЭА |
| Садовничая И.О. | к.э.н., зам. директора ПИШ СВЧ-электроники |
| Томашевская В.С. | к.т.н., доцент, зав. аспирантурой РТУ МИРЭА |
| Тюрина С.А. | к.т.н., доцент, зав.каф., РТУ МИРЭА |
| Тягунов А.М. | начальник УИ РТУ МИРЭА |
| Чернова Н.И. | д.п.н., профессор, зав. каф., РТУ МИРЭА |
| Черноверская В.В. | к.т.н., доцент каф. КИРЭС, РТУ МИРЭА |
| Шерченков А.А. | д.т.н., профессор НИУ МИЭТ |
| Штерн Ю.И. | д.т.н., профессор НИУ МИЭТ |
| Шумилин А.С. | дир. дирекции молодеж. проектов «Траектория» РТУ МИРЭА |

РАБОЧАЯ ГРУППА ОРГ.КОМИТЕТА КОНФЕРЕНЦИИ И СЕКРЕТАРИАТ

| | |
|------------------|---|
| Молоканов Г.О. | РУКОВОДИТЕЛЬ КООРДИНАЦИОННОЙ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ н.с. НОЦ «НОЦ ПКМ «SmartTextiles» БФУ |
| Долматов А.В. | УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ КОНФЕРЕНЦИИ к.т.н., доцент, РТУ МИРЭА |
| Иванов И.А. | УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ КОНФЕРЕНЦИИ к.т.н., доцент, РТУ МИРЭА |
| Молоканова О.О. | УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ КОНФЕРЕНЦИИ к.ф.-м.н., н.с. НОЦ «ПКМ «ST» БФУ |
| Березовская Ю.С. | ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕКРЕТАРЬ КОНФЕРЕНЦИИ лаборант МНИЦ «КРОУМ» |
| Иванов В.С. | КООРДИНАТОР к.т.н., доцент, РТУ МИРЭА |
| Карпенко С.П. | КООРДИНАТОР стажер НОЦ «ПКМ «SmartTextiles» БФУ |
| Кинкович А.С. | КООРДИНАТОР аспирант НОЦ «ПКМ «SmartTextiles» БФУ |
| Климова Е.С. | КООРДИНАТОР инженер НОЦ «ПКМ «SmartTextiles» БФУ |
| Прядезников Б.Ю. | КООРДИНАТОР м.н.с. НОЦ «ПКМ «SmartTextiles» БФУ |
| Передний В.Е. | КООРДИНАТОР стажер НОЦ «ПКМ «SmartTextiles» БФУ |
| Соловьёва А.И. | КООРДИНАТОР стажер НОЦ «ПКМ «SmartTextiles» БФУ |
| Черенков В.И. | КООРДИНАТОР лаборант РТУ МИРЭА |
| Шульгин А.В. | КООРДИНАТОР инженер НОЦ «ПКМ «SmartTextiles» БФУ |

РАЗРАБОТАННЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АУДИТА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

*Цветков В.Э., Зубрильцев Е.Е., Мешочков Д.М., Садковская М.А., Буцкий Д.О.**

**Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
+7 (916) 844-95-58, vtsvetkov@hse.ru*

В статье рассмотрены методы проведения аудита для оценки качества радиоэлектронной аппаратуры, что критически важно для обеспечения показателей надежности и качества аппаратуры в высокотехнологичных отраслях электроники. Рассмотрены этапы жизненного цикла радиоэлектронной аппаратуры, включая периоды приработки, нормальной эксплуатации и старения, а также проанализировано их влияние на стратегии управления надежностью. Проведен обзор и анализ международных подходов проведения аудита, такие как FMEA/FMECA, FRACAS и FIDES Guide 2009, которые обеспечивают комплексную оценку процессов проектирования, производства и эксплуатации. Предложен собственный метод проведения аудита, учитывающий недостатки существующих подходов, что позволяет агрегировать данные о физических характеристиках и качестве контроля технологических процессов на предприятии. Разработанный метод проведения аудита позволяет выявить уязвимости на ранних этапах жизненного цикла и тем самым повысить уровень качества изготавливаемой аппаратуры.

Ключевые слова: надежность, качество, аудит, FMEA, FRACAS, жизненный цикл РЭА, интенсивность отказов.

The developed approach for conducting audits at enterprises predict the quality of electronic equipment. Tsvetkov V.E., Zubriltsev E.E., Meshochkov D.M., Sadkovskaya M.A., Butskiy D.O. *HSE University.

The article discusses audit methods for assessing the quality of radio-electronic equipment, which is critically important for ensuring dependability and quality measures of systems in high-tech electronic industries. The paper examines the life-cycle stages of electronic equipment, including burn-in, normal operation, and aging periods, as well as analyzes their influence on reliability management strategies. An overview and analysis of international auditing methodologies such as FMEA/FMECA, FRACAS, and FIDES Guide 2009 are provided, highlighting their capabilities in performing comprehensive evaluations of design, manufacturing, and operation processes. Furthermore, the authors propose their own auditing approach, addressing existing methods' shortcomings by aggregating data on physical characteristics and the quality control of technological processes within the enterprise. The developed audit method enables early identification of vulnerabilities throughout the equipment's lifecycle, thereby enhancing the overall quality level of manufactured products.

Keywords: reliability, quality, audit, FMEA, FRACAS, equipment lifecycle, failure rate.

Введение

Надежность радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) – критическое свойство, определяющее безотказность, эффективность и долговечность аппаратуры в высокотехнологичных отраслях. Вопросы надежности стоят в центре внимания разработчиков военной электроники, авионики и космической РЭА, где даже незначительный сбой может привести к катастрофическим последствиям. Современная РЭА требует не только формального соответствия норм, но и постоянного совершенствования процессов оценки качества [1]. Одним из важных этапов в прогнозировании качества выпускаемой РЭА является проведение аудита на предприятиях.

График, изображенный на рисунке 1, отражает динамику интенсивности отказов РЭА в течение ее жизненного цикла. Периоды эксплуатации РЭА условно делятся на три ключевых периода, каждый из которых соответствует определенному характеру возникновения сбоев (рисунок 1) [2].



Рисунок 1 – Интенсивность отказов РЭА в течение их жизненного цикла.



Первый, начальный период характерен тем, что здесь проявляются так называемые приработочные отказы, интенсивность которых со временем снижается. Повышенная интенсивность отказов в этот период объясняется возможным наличием скрытых производственных дефектов и приработкой деталей. Этот период присущ лишь сложным образцам РЭА, собранных из комплектующих изделий и частей, изготовленных на разных предприятиях, при условии незначительных отклонений от технологического процесса, превышении допустимых величин внешних воздействующих факторов.

Второй период соответствует нормальной эксплуатации машины. Для этого периода характерен примерно постоянный уровень интенсивности отказов. Отказы первого и второго периодов возникают внезапно. Для изделий, изготовленных на предприятиях с функционирующей сертифицированной системой качества, выпускаемых в строгом соответствии с существующими технологическими процессами, при использовании качественных материалов и комплектующих, первый и второй периоды эксплуатации между собой существенно не отличаются, поэтому стремление разработчиков и изготовителей изделий должно быть направлено на соблюдение этой зависимости.

Третий период характеризуется нарастанием интенсивности отказов. Это связано с износом изделий и старением материалов. В этом периоде, наряду с внезапными отказами, все в большей степени появляются характерные постепенные, износные отказы. Но при правильной и умелой эксплуатации изделия можно отдалить наступление третьего периода. Путем своевременной профилактической замены близких к предельному состоянию деталей и узлов можно предотвратить их отказы в изделии в процессе их эксплуатации и тем самым исключить или свести к минимуму связанные с появлением отказов вредные последствия. При этом, систематическое выявление и изучение причин отказов позволяет устранить эти причины и тем самым повысить надежность объектов. То есть систематический, хорошо организованный сбор и изучение информации об отказах, анализ их физической природы, обнаружение и устранение их скрытых внутренних причин является реальной возможностью повышения надежности объектов.

Методологическая значимость данного анализа заключается в его способности структурировать подходы к управлению надежностью. График наблюдаемой интенсивности отказов позволяет дифференцировать стратегии аудита: на ранних этапах – фокус на исключении дефектных изделий, в фазе износа — на предиктивном обслуживании. Графическое представление модели наглядно демонстрирует переход от этапа первичной нестабильности к периоду устойчивой эксплуатации и, наконец, к фазе деградации, что помогает снизить затраты на поддержание РЭА в работоспособном состоянии.

Таким образом, проведение аудита позволяет выявить проблемные стороны в разработке и производстве РЭА, снизить интенсивность ранних отказов и тем самым продлить период безотказной работы РЭА.

Международные подходы к проведению аудитов для оценки качества

В условиях глобализации и возрастающей сложности РЭА обеспечение надежности становится ключевым аспектом в управлении технологическими процессами на протяжении всего жизненного цикла изделий. Международная практика проведения аудита для оценки надежности опирается на подходы, позволяющие проводить как предварительный анализ потенциальных отказов, так и оперативное выявление уже существующих дефектов.

Метод FMEA [3] получил широкое распространение благодаря своей системности и универсальности. Основной принцип данной методики заключается в детальном анализе каждого элемента технологической схемы или производственного процесса с целью выявления возможных вариантов отказа, их причин и последствий для функционирования всей РЭА. Применение FMEA позволяет не только обнаружить потенциальные угрозы на ранних этапах, но и разработать превентивные меры, направленные на снижение вероятности отказа. Расширенная методика FMESA, позволяющая разделить отказы на критические и некритические, предоставляет дополнительную информацию о приоритетности устранения выявленных недостатков, что особенно важно для отраслей с высокими требованиями к надежности, таких как авиакосмическая и военная промышленность.

В рамках FMEA/FMESA проводится многоступенчатый процесс, включающий идентификацию возможных видов отказов, оценку их вероятности и последствий, а также ранжирование по критическим параметрам. Такая структура позволяет сформировать четкую модель рисков, которая может быть интегрирована с другими системами управления качеством и безопасностью.

Еще одним важным направлением в международной практике аудита является внедрение систем FRACAS [4]. Данная методология предусматривает организацию замкнутого цикла обратной связи, в рамках которого фиксируются все случаи отказов изделий, проводится их детальный анализ и инициируются корректирующие действия. Система FRACAS позволяет не только документировать выявленные несоответствия, но и систематически улучшать конструктивные решения, технологические процессы и методы контроля качества.

Для более глубокой и структурированной оценки качества используется методология FIDES [5], которая делает акцент на всестороннем анализе жизненного цикла изделий с помощью стандартизированного аудита. Такой подход позволяет более точно выявлять слабые места в организации процессов и, соответственно, формировать объективную оценку надежности на основе агрегированного коэффициента $P_{Process}$, явно представленного в формуле 1:

$$\lambda = P_{Process} * P_{PM} * \lambda_{Physical} \quad (1)$$

Методология аудита, согласно руководствам FIDES, предусматривает проведение системного опроса посредством структурированной анкеты. В процессе подготовки аудита формируется перечень объектов проверки, определяются цели, критерии и методы оценки, а также адаптируется опросный материал, содержащий множество вопросов для проведения аудита. Далее проводится непосредственный анализ предприятия, в рамках которого выявляются риски и проблемные стороны организации. Полученные данные документируются в виде результатов измерений, записей испытаний и отчетов о контроле качества.

На следующем этапе производится структурированная обработка собранных данных, где каждому аспекту присваиваются соответствующие баллы, что позволяет количественно оценить способность предприятия создавать надежную РЭА. Полученные результаты используются для формулирования конкретных выводов, выявления уязвимых элементов и разработки рекомендаций по совершенствованию процессов. Итоговый аудиторский отчет предоставляется руководству предприятия для принятия обоснованных управленческих решений. Значение агрегированного коэффициента $P_{Process}$, отражающее качество процессов на всех этапах реализации изделия, варьируется от 1 (оптимальный процесс) до 8 (наихудший процесс); в случае отсутствия данных аудита методология FIDES предусматривает использование типового значения, равного 4.

Однако рассмотренные методики проведения аудита и рекомендации FIDES для оценки надежности имеют ряд существенных недостатков, среди которых можно выделить следующие: отсутствует корреляция между параметрами качества и показателями надежности, вследствие чего мероприятия по повышению качества технологического процесса не обязательно ведут к росту надежности продукции. Также рассмотренные международные подходы не адаптированы к конкретным условиям эксплуатации и особенностям продукции на отечественных предприятиях. Более того, одним из главных недостатков существующих методик проведения аудита является тот факт, что итоговая оценка качества затрагивает только стадии проектирования и производства, а уровень качества на остальных стадиях жизненного цикла не оценивается, что в свою очередь является не совсем корректным.

Разработка уточненного метода проведения аудита с учетом международных практик.

Учитывая все вышеперечисленные недостатки, был разработан уточненный метод проведения аудита, адаптированный для проведения на отечественных предприятиях. Данный метод заложен в информационную систему, реализованную в виде веб-сервиса.

В основе сервиса лежит опросник, в котором вопросы сгруппированы согласно всем стадиям и этапам жизненного цикла. При формировании вопросов учитывается их направленность (процесс, продукт или персонал), их связь с глубиной проработки электронных модулей и учет организационных и технологических вопросов для каждой стадии жизненного цикла. Такой подход обеспечивает более точную оценку коэффициента качества производства и эффективности производственных и управленческих решений. Структура опросника представлена на рисунке 2.

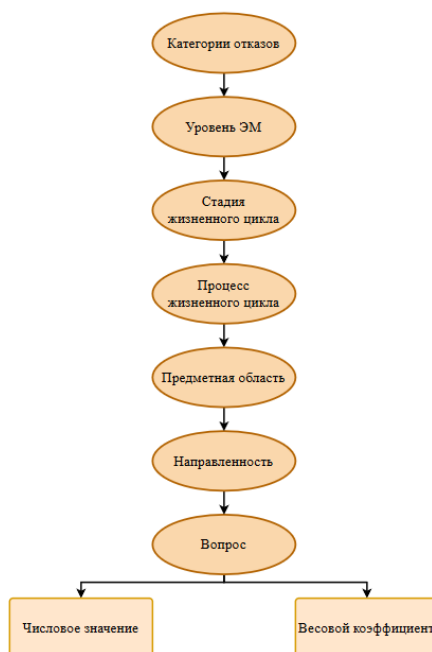


Рисунок 2 – Структура предлагаемого опросника

Информационная система не просто собирает ответы, но и формирует аналитические материалы в виде графиков, показателей и текстовых сводок, позволяющих быстро оценить сильные и слабые стороны организации. Пользователь получает наглядное процентное соотношение положительных и отрицательных характеристик по различным направлениям производственного цикла (рисунок 3).

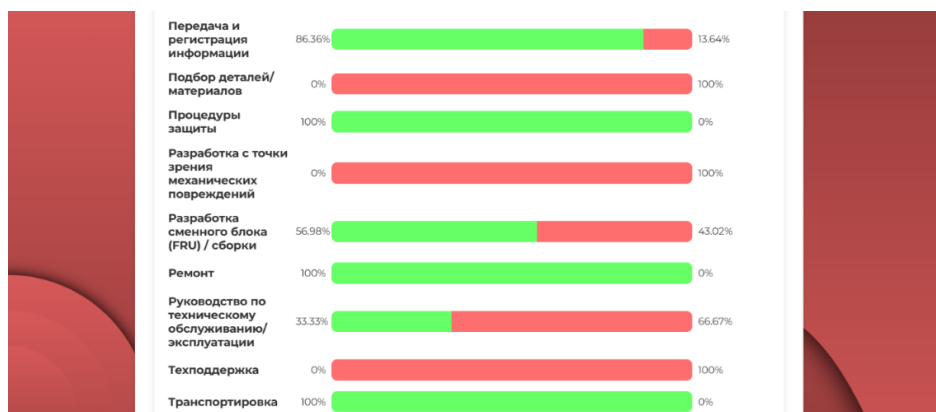


Рисунок 3 - Процентное соотношение положительных и отрицательных характеристик по различным направлениям производственного цикла

Аналитические материалы по результатам проведения аудита представлены так, что можно увидеть подробную статистику по категориям отказов, оценку текущей ситуации с подбором деталей, материалов, процедурами защиты, ремонтом, техподдержкой и транспортировкой. При необходимости, веб-сервис может выдавать рекомендации по повышению качества производства электронных модулей на каждой стадии и этапе жизненного цикла, а также увидеть положительные характеристики предприятия.

Сервис также поддерживает интерактивное взаимодействие с вопросами. Каждое ответное действие отражается на общей диаграмме прогресса, а при необходимости можно просмотреть подробную статистику по конкретному вопросу или группе вопросов, связанных с определенным этапом производства. Такая динамическая визуализация даёт возможности для оперативного принятия управленческих решений по повышению качества.

Для прохождения опроса необходимо создать собственный аккаунт, привязанный к предприятию. Это дает возможность пройти опрос не за один раз, а в любое удобное время. Все заполненные данные сохраняются в системе, что позволяет продолжить работу с того места, где она была остановлена. Интерфейс модуля регистрации информационной системы представлен на рисунке 4.

Скриншот интерфейса модуля регистрации информационной системы. В центре экрана находится значок пользователя. Форма содержит следующие поля:

| | | | |
|--|---|------------------------------------|---|
| Фамилия Иванов | ✓ | Номер телефона +7 981 351 11 13 | ✓ |
| Имя Олег | ✓ | Организация ЭнергоКом | ✓ |
| Отчество Иванович | ✓ | Регион Ханты-Мансийский авт... | ✓ |
| Электронная почта mckitchevan@gmail.com | | Должность Специалист | ✓ |

Рисунок 4 – Модуль регистрации информационной системы

Если предприятие занимается разработкой нескольких проектов одновременно, то в сервисе реализована возможность проведения оценки качества электронных модулей по каждому проекту в отдельности. Это обеспечивает детализированный анализ специфики каждого проекта. Для каждого проекта формируются индивидуальные отчеты и результаты.

Опросник ориентирован на различные подразделения предприятий, имеющих различные зоны ответственности: от отделов исследований и разработок до снабжения, тестирования, управления качеством, сервисного сопровождения и финансово-правовых служб. Такой подход обеспечивает комплекс-



ную оценку, который позволяет выявить проблемные места во взаимодействии подразделений между собой и предложить своевременные рекомендации по совершенствованию процессов и мероприятий, направленных на повышение общего уровня надежности, до начала серийного выпуска РЭА.

Заключение

Обеспечение высокого уровня надежности качества современной РЭА является одним из важнейших аспектов в области электроники. Поэтому в работе было рассмотрено поведение интенсивности отказов РЭА на всех этапах её жизненного цикла, также проведен обзор и анализ существующих методов проведения аудита, выявлены их преимущества и недостатки, а на их основе разработан уточнённый подход проведения аудита для оценки качества технического процесса. Разработанный подход позволит проводить не просто качественный анализ, но также установить взаимосвязь качества производства РЭА с её надежностью. С помощью разработанной информационной системы предприятия смогут получить своевременные рекомендации, базирующиеся на результатах аудита, по повышению качества и надежности РЭА на всех стадиях её жизненного цикла, что позволит сократить их временные и финансовые затраты.

Благодарность

Публикация подготовлена в ходе проведения исследования (Проект № 24-00-024 «Развитие методов прогнозирования показателей надежности электронных модулей») в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ)» в 2025 г.

Литература

1. Королев П. С. Комплексный метод оценки показателей безотказности радиотехнических устройств космической аппаратуры // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2021. Т. 64. № 4. С. 316-328.
2. Основы надежности вычислительных систем: учебное пособие / П.С. Королев, С.Н. Полеский, В.Э. Цветков – Москва: КНОРУС, 2023. – 182 с.
3. Филатов В. В., Путина А. М. FMEA-анализ как комплексный метод управления качеством // Прикладные экономические исследования. 2022. № 1. С. 45-51.
4. Шишкин В.В., Романов Ю.В. Интеллектуальная система регистрации отказов, анализа и корректирующих действий с использованием метода анализа подобия и метода анализа общей причины для обеспечения надежности изделий авиационной техники в процессе жизненного цикла // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14, №4(2). С. 712-714.
5. S. Peyghami, Z. Wang, and F. Blaabjerg, “A Guideline for Reliability Prediction in Power Electronic Converters,” IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 35, pp. 10958-10968, 2020.