

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
АКАДЕМИЯ ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ КОСМОНАВТИКИ имени К. Э. ЦИОЛКОВСКОГО  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ» РАН  
(ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР РАН имени А. А. ДОРОДНИЦЫНА)  
АО «УПКБ "ДЕТАЛЬ"», АО «РАДИОЗАВОД»  
АО «ФНПЦ «ПО "СТАРТ" имени М. В. ПРОЦЕНКО», АО «НИИЭМП»  
АО «ПНИЭИ», АО «НИИФИ», АО «НПП "РУБИН"»  
ЕВРАЗИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени Л. Н. ГУМИЛЕВА  
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



**ТРУДЫ**  
**МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА**  
**НАДЕЖНОСТЬ И КАЧЕСТВО**

**Том 1**

*Посвящается 80-й годовщине Победы  
в Великой Отечественной войне*

**ПЕНЗА 2025**



Т78 Труды Международного симпозиума **НАДЕЖНОСТЬ И КАЧЕСТВО.** – 2025. – Т. 1. – 453 с.

Представлены доклады XXX Международного симпозиума «Надежность и качество», посвященного 80-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне, проходившего с 26 мая по 1 июня 2025 г. в г. Пензе.

Рассмотрены актуальные проблемы теории и практики повышения надежности и качества; эффективности внедрения инновационных и информационных технологий в фундаментальные научные и прикладные исследования, образовательные и коммуникативные системы и среды, экономику и юриспруденцию; методов и средств анализа и прогнозирования показателей надежности и качества приборов, устройств и систем, а также анализа непараметрических моделей и оценки остаточного ресурса изделий двойного назначения; ресурсосбережения; проектирования интеллектуальных экспертных и диагностических систем, систем управления и связи, интерактивных, телекоммуникационных сетей и сервисных систем; экологического мониторинга и контроля состояния окружающей среды и биологических объектов; исследования физико-технологических процессов в науке, технике и технологиях для повышения качества выпускаемых изделий радиопромышленности, приборостроения, аэрокосмического и топливно-энергетического комплексов, электроники и вычислительной техники и др.

Издание предназначено для студентов, аспирантов, ученых и научных сотрудников, заинтересованных в исследовании надежности и качества эффективных комплексных систем.

УДК 621.396.6:621.315.616.97:658:562

Оргкомитет благодарит за поддержку в организации и проведении Международного симпозиума и издания настоящих трудов Министерство науки и высшего образования РФ, Правительство Пензенской области, Академию проблем качества РФ, Российскую академию космонавтики имени К. Э. Циолковского, Российскую инженерную академию, ФИЦ ИУ РАН (Вычислительный центр РАН имени А. А. Дородницына), АО «УПКБ “ДЕТАЛЬ”», АО «НИИФИ», АО «ПНИЭИ», АО «НПП “РУБИН”», АО «РАДИОЗАВОД», АО «ППО “ЭЛЕКТРОПРИБОР”», АО «НИИЭМП», АО «ФНПЦ “ПО “СТАРТ” имени М. В. Проценко», АО «НИКИРЭТ», ООО «Экспериментальная мастерская “Наука-Софт”», Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Пензенский государственный университет.

*Издание зарегистрировано в Российском индексе научного цитирования (РИНЦ) с 2005 г.*

**Редакционная коллегия:**

**Юрков Н. К.** – главный редактор;

**Трусов В. А.** – ответственный секретарь;

**Гуляков А. Д., Майстер В. А., Северцев Н. А., Сыдыков Е. Б., Абрамов О. В.,  
Артамонов Д. В., Безродный Б. Ф., Бецков А. В., Васин С. М., Дивеев А. И., Иофин А. А.,  
Капитанов В. А., Кемалов Б. К., Острейковский В. А., Пиганов М. Н.,  
Роберт И. В., Романенко Ю. А., Савченко В. П., Садыхов Г. С., Увайсов С. У.,  
Халютин С. П., Шайко-Шайковский А. Г., Шахнов В. А., Якимов А. Н.**

*Буцкий<sup>1</sup> Д.О., Цветков<sup>2</sup> В.Э., Королев<sup>3</sup> П.С., Полесский<sup>4</sup> С.Н., Ландер<sup>5</sup> Л.В.,  
Мкртчян<sup>6</sup> Г.А., Зубрильцев<sup>7</sup> Е.Е., Суслова<sup>8</sup> А.А., Мешочков<sup>9</sup> Д.М.*

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup> Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

<sup>1</sup> dobutskiy\_1@edu.hse.ru

<sup>2</sup> vtsvetkov@hse.ru

<sup>3</sup> pskorolev@hse.ru

<sup>4</sup> spolessky@hse.ru

<sup>5</sup> Lander.L.B@hse.ru

<sup>6</sup> gamkrtchyan@edu.hse.ru

<sup>7</sup> eezubriltsev@edu.hse.ru

<sup>8</sup> anaalesuslova@edu.hse.ru

<sup>9</sup> dmmeshochkov@edu.hse.ru

## ОБЗОР И АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ CAQ-СИСТЕМ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

**Аннотация.** Рассматривается применение CAQ-систем при управлении качеством производства электронной аппаратуры. Проанализированы как зарубежные, так и отечественные решения в области автоматизированного контроля качества, включая CAQ.Net, Q-DAS и АИСМК от компании «Алинги». Сделан акцент на их функциональные возможности и недостатки в контексте специфики производства радиоэлектронных компонентов. Установлено, что большинство существующих решений не в полной мере адаптированы к нуждам высокотехнологичного производства. На основе проведенного анализа была предложена информационная система «ФОРМАТ», ориентированная на оценку коэффициента качества производства электронной аппаратуры на всех стадиях жизненного цикла.

**Ключевые слова:** CAQ-системы, управление качеством, надежность, система менеджмента качества, информационная система

*Butskiy<sup>1</sup> D.O., Tsvetkov<sup>2</sup> V.E., Korolev<sup>3</sup> P.S., Polessky<sup>4</sup> S.N., Lander<sup>5</sup> L.B.,  
Mkrтчyan<sup>6</sup> G.A., Zubriltsev<sup>7</sup> E.E., Suslova<sup>8</sup> A.A., Meshochkov<sup>9</sup> D.M.*

<sup>1,2,3,4,5,6,7,8,9</sup> National Research University "Higher School of Economics",  
Moscow, Russia

<sup>1</sup> dobutskiy\_1@edu.hse.ru

<sup>2</sup> vtsvetkov@hse.ru

<sup>3</sup> pskorolev@hse.ru

<sup>4</sup> spolessky@hse.ru

<sup>5</sup> Lander.L.B@hse.ru

<sup>6</sup> gamkrtchyan@edu.hse.ru

<sup>7</sup> eezubriltsev@edu.hse.ru

<sup>8</sup> anaalesuslova@edu.hse.ru

<sup>9</sup> dmmeshochkov@edu.hse.ru

## REVIEW AND ANALYSIS OF MODERN CAQ MANAGEMENT SYSTEMS THE QUALITY OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS IN ENTERPRISES

**Abstract.** The application of CAQ-systems in quality management of electronic equipment production is considered. Both foreign and domestic solutions in the field of automated quality control, including CAQ, are analyzed. Net, Q-DAS and AISMK from Alingi company. The emphasis is placed on their functionality and disadvantages in the context of the specifics of the production of radio-electronic components. It has been established that most of the existing solutions are not fully adapted to the needs of high-tech production. Based on the analysis, the information system "FORMAT" was proposed, focused on assessing the quality factor of electronic equipment production at all stages of the life cycle.

**Keywords:** CAQ-systems, quality management, reliability, quality management system, information system

Современное производство электронной аппаратуры представляет собой сложный технологический процесс, включающий множество этапов – от исследования и проектирования до серийного выпуска и эксплуатации аппаратуры. В условиях роста требований к надежности электронных и радиоэлектронных модулей особую роль играет система управления качеством, обеспечивающая контроль и анализ мероприятий технологического процесса. Наиболее эффективным инструментом для автоматизации этих задач являются CAQ-системы (Computer-Aided Quality), которые позволяют сократить количество отказов электронных модулей, а также усовершенствовать производственные процессы для соответствия международным системам стандартизации.

На отечественных предприятиях, ориентированных на производство радиоэлектронных средств, внедрение автоматизированных систем управления качеством становится не просто желательным, а необходимым условием для обеспечения конкурентоспособности и выпуска качественной продукции. Производство электронных

модулей, состоящих из большого количества компонентов, требует детального контроля технологических процессов на всех стадиях жизненного цикла, начиная с выбора электронной компонентной базы и заканчивая проведением испытаний и технического обслуживания готовой продукции. В этих условиях CAQ-системы становятся важнейшим элементом интегрированной системы управления производством, позволяя сократить влияние человеческого фактора и тем самым повысить качество изготавливаемой электронной аппаратуры.

#### АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ CAQ-СИСТЕМ

В ходе работы было рассмотрено несколько наиболее популярных зарубежных CAQ-систем, таких как CAQ.Net и Q-DAS, которые получили широкое распространение в различных отраслях промышленности, включая электронику. Несмотря на многообразие их функциональных возможностей, в контексте отечественного высокотехнологичного производства они демонстрируют определённые ограничения.

CAQ.Net представляет собой комплексное решение немецкой компании CAQ AG Factory Systems, включающее инструменты для управления качеством на всех этапах производственного процесса – от проектирования до выпуска продукции. Система поддерживает модули контроля входного сырья, SPC, управления несоответствиями, аудитов и калибровки оборудования, а также интеграцию с ERP-системами. Благодаря модульной архитектуре и высокой гибкости, CAQ.Net подходит для крупных промышленных предприятий с устойчивыми и стандартизированными процессами.

Однако для предприятий радиоэлектронной промышленности использование CAQ.Net может быть сопряжено с рядом сложностей. Во-первых, настройка и адаптация системы под отечественные требования и ГОСТ-стандарты требует значительных усилий и участия специалистов, обладающих глубокими знаниями в области ИТ и стандартизации. Во-вторых, высокая стоимость лицензий и сопровождения делает её недоступной для предприятий малого и среднего масштаба. В-третьих, при попытке внедрения в быстро меняющихся производственных средах возникают проблемы с оперативной перенастройкой модулей без участия разработчика, что снижает гибкость системы.

Вторым примером зарубежных CAQ-систем является Q-DAS, разработанная шведской компанией Hexagon AB, специализируется на сборе и статистической обработке данных производственных процессов. Система особенно эффективна в части статистического управления качеством (SPC), включая построение контрольных карт, анализ вариаций и причинно-следственных связей. Она широко применяется в серийном производстве, где стабильность технологических процессов позволяет использовать данные методы в полной мере.

Тем не менее, Q-DAS демонстрирует ограниченную функциональность при необходимости интеграции с другими информационными системами предприятия – такими как MES, PLM и CAD-системы. Кроме того, интерфейс системы и отчётные модули ориентированы на пользователей с высокой квалификацией в области статистики и математического анализа, что требует значительных затрат на обучение персонала. Также система не предоставляет полноценных средств для управления корректирующими действиями и рекламациями, что ограничивает её применимость в условиях комплексного управления качеством на предприятиях с высокой вариативностью продукции.

Помимо зарубежных решений, на отечественном рынке также представлены CAQ-системы, обладающие широкими возможностями для интеграции с существующими производственными средами. Одним из наиболее известных отечественных продуктов является Автоматизированная информационная система менеджмента качества (АИСМК), разработанная компанией ООО «Алингги».

АИСМК представляет собой модульную платформу, построенную по принципу low-code, что позволяет предприятиям без глубоких знаний в программировании адаптировать систему под собственные нужды. Она включает модули для входного контроля, статистического анализа, управления рекламациями, анализа корневых причин и рисков, а также интеграции с MES, PLM и CAD/CAE системами.

Однако, несмотря на наличие современных архитектурных решений, система АИСМК сталкивается с рядом вызовов. К числу недостатков можно отнести ограниченность распространения и апробации в масштабных производственных проектах, дефицит независимых аналитических данных об эффективности её внедрения, а также потенциальную зависимость от квалификации внутренних специалистов предприятия для настройки системы под конкретные бизнес-процессы. Кроме того, гибкость настройки без программирования сопровождается рисками нарушения целостности бизнес-логики при некорректной конфигурации модулей.

Таким образом, даже современные отечественные решения, несмотря на значительный прогресс, также нуждаются в дальнейшем развитии и стандартизации с учетом специфики производства радиоэлектронной аппаратуры. Несмотря на широкие

возможности этих систем, их применение в производстве электронной аппаратуры сталкивается с рядом ограничений. Проблемы адаптации под специфические процессы, высокая стоимость лицензирования и сложность освоения персоналом делают их использование не всегда оправданным, особенно для предприятий, ориентированных на разработку и производство высокотехнологичной продукции с короткими циклами обновления.

#### РАЗРАБОТАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

На основе анализа существующих решений и их недостатков была разработана система ФОРМАТ, ориентированная на производство электронных модулей. В отличие от традиционных CAQ-систем, она предлагает управление качеством с возможностью динамического контроля всех этапов жизненного цикла продукции. Разработанная система позволит проводить аудит и мониторинг влияния комплекса мероприятий процесса проектирования и производства на надежность и тем самым повысить качество выпускаемой аппаратуры. Одними из ключевых особенностей системы ФОРМАТ являются ее интеграция с принципами системы менеджмента качества, что позволяет эффективно управлять качеством на всех этапах жизненного цикла, и возможность аудирования сразу нескольких различных проектов в рамках одного предприятия.

Особенностью ФОРМАТ является его структура опросника для проведения аудита, которая позволяет выделять проблемные аспекты надежности электронной продукции предприятия-изготовителя. В отличие от существующих методик, ориентированных на постфактум-анализ выявленных дефектов, ФОРМАТ позволяет выявлять причины отказов на ранних этапах всех стадий жизненного цикла. Опросник структурирован таким образом, что позволяет анализировать и разделять процессы на предприятиях на критические и не критические, установить взаимосвязь между ними и количественно и качественно их оценить. Подобный подход дает возможность не просто фиксировать отказы аппаратуры, а глубоко анализировать их причины, выявляя системные проблемы в обеспечении мероприятий технологического процесса производства. Пример отдельного вопроса из базы данных разработанной информационной системы представлен на рис. 1.

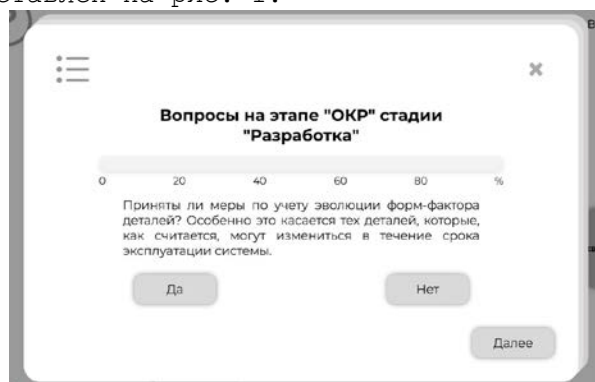


Рисунок 1 - Пример вопроса этапа «ОКР» стадии «Разработка»



Рисунок 2 - Пример сформированного отчёта после прохождения опроса

ФОРМАТ позволяет предприятию-изготовителю оценить коэффициент качества технологического процесса, а также определить потенциальную причину отказа электронного модуля еще до того момента, как изделие поступит в серийное производство. Система поддерживает формирование детализированных аналитических отчетов, включающих данные о причинах отказов, подборе электронной компонентной базы, эффективности мероприятий технологического процесса при управлении качеством аппаратуры. Эти отчеты позволяют принимать обоснованные управленческие решения, направленные на повышение общего уровня надежности продукции. Пример отчёта представлен на рис. 2, 3.

Еще одной важной особенностью ФОРМАТ является его ориентированность на динамическое взаимодействие с пользователем. В отличие от классических CAQ-систем, в которых управление качеством строится на основе фиксированных отчетов и ретроспективного анализа данных, ФОРМАТ позволяет в режиме реального времени отслеживать влияние различных факторов на качество продукции. Интерактивные механизмы позволяют быстро анализировать ситуацию, выявлять узкие места и принимать корректирующие меры без необходимости сложного анализа больших массивов данных.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Современные условия производства электронной аппаратуры предъявляют повышенные требования к надёжности, прослеживаемости и стандартизованности технологических процессов. В этих условиях особую роль играют CAQ-системы, обеспечивающие не только контроль качества, но и возможность оперативного управления процессами на всех стадиях жизненного цикла продукции. Анализ зарубежных решений – таких как CAQ.Net и Q-DAS – показывает, что, несмотря на высокую степень зрелости и широкий функционал, данные системы слабо адаптированы под специфику российской радиоэлектронной отрасли. Основными

ограничениями являются высокая стоимость внедрения, сложность локализации, ориентация на стабильные серийные производства и недостаточная гибкость в условиях высокочастотных изменений.

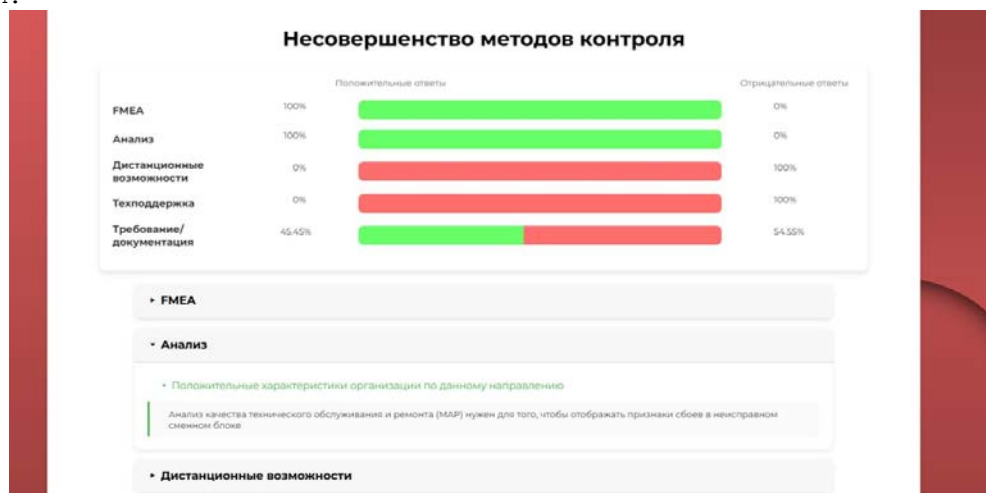


Рисунок 3 – Пример расширенного отчёта по категории отказов «Несовершенство методов контроля»

Отечественные разработки, в частности система АИСМК от ООО «Алинги», демонстрируют стремление к построению собственных архитектурных решений с применением low-code-подходов и гибкой модульности. Однако текущая стадия развития таких систем ограничивает их универсальность и масштабируемость, что требует дальнейшего научно-технического сопровождения и стандартизации.

На фоне выявленных ограничений как зарубежных, так и отечественных решений была обоснована необходимость разработки новой SAQ-системы, ориентированной на высокотехнологичное и качественное производство радиоэлектронных модулей. Разработанная информационная система ФОРМАТ учитывает требования к надёжности, что позволяет проводить не просто качественный анализ, но и находить корреляцию качества с надёжностью, осуществляет детальный анализ причин отказов на всех этапах жизненного цикла и ориентирована на международный подход системы менеджмента качества. Разработанная информационная система позволит предприятиям своевременно получать рекомендации (результаты аудита) по повышению надёжности и качества на всем жизненном цикле производимой аппаратуры. Это поможет существенно снизить временные и денежные затраты на выпускаемую продукцию за счет своевременного выявления недостатков в мероприятиях в рамках системы управления надёжностью.

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

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюхова, М. Оценка показателей надёжности электронных средств с учетом многофакторного коэффициента качества производства / М. Артюхова, В. Жаднов, С. Полесский // Компоненты и технологии. – 2014. – № 4. – С. 204-207.
2. Жаднов, В. В. Учет влияния внешних воздействующих факторов при прогнозировании характеристик безотказности и долговечности электронной компонентной базы / В. В. Жаднов // Труды международного симпозиума Надёжность и качество. – 2016. – № 1 (13). – С. 13-18.
3. Современные подходы к исследованию безотказности электронных средств циклического применения / В. В. Жаднов, С. Н. Полесский, А. Н. Тихменев // Труды международного симпозиума Надёжность и качество. – 2012. – № 1. – С. 70-74.
4. Королев, П. С. Исследование влияния коэффициента качества производства аппаратуры на оценку показателей надёжности радиолокационного оборудования / П. С. Королев // Научные чтения по авиации, посвящённые памяти Н. Е. Жуковского. – 2019. – С. 90-94.
5. Королев, П. С. Оценка «коэффициента качества производства» для модели интенсивности отказов радиотехнических приборов непилотируемых автоматических космических аппаратов / П. С. Королев, В. В. Жаднов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2020. – Т. 63. – № 3. – С. 264-277.
6. Denson, W. Handbook of 217plus reliability prediction models / W. Denson. – RIAC, 2006.
7. Информационная технология многофакторного обеспечения надёжности сложных электронных систем / Н. К. Юрков, А. В. Затылкин, С. Н. Полесский [и др.] // Надёжность и качество сложных систем. – 2013. – № 4. – С. 75-79.