

ГВАИ ОД	Документ зарегистрирован	
	« 14 » 11	20 25 г.
	Вх. № 81-215/25	

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, профессора Шинкевича Алексея Ивановича
на диссертацию Зайцева Петра Сергеевича

**«Модели и методики обеспечения качества предпроизводственных этапов
жизненного цикла радиоэлектронной продукции»,**

представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности

2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация.

Организация производства

1. Актуальность темы диссертационной работы

Радиоэлектронная промышленность составляет основу технологического развития критически важных отраслей, включая телекоммуникации, оборонно-промышленный комплекс и системы автоматизированного управления. В современных условиях наблюдается устойчивая тенденция к усложнению архитектуры радиоэлектронных изделий, что проявляется в интенсивной миниатюризации компонентов и многократном увеличении плотности их компоновки. Эти объективные технологические тренды формируют новые вызовы для системы обеспечения качества на предпроизводственных этапах жизненного цикла.

Ключевой проблемой является несоответствие существующих методов управления качества новым производственным реалиям. Традиционные подходы, ориентированные на стабильную номенклатуру электронной компонентной базы, демонстрируют ограниченную эффективность в условиях высокой динамики изменения рыночной конъюнктуры и постоянного ужесточения требований к технологическим процессам.

Особую значимость исследование приобретает в контексте необходимости оперативной адаптации производственных циклов к изменяющейся доступности компонентов. Разработанные Зайцевым П. С. решения позволяют преодолеть существующее противоречие между требованием повышения качества продукции и необходимостью сокращения

сроков конструкторско-технологической подготовки.

Практическая востребованность работы подтверждается ее направленностью на снижение трудоемкости ключевых операций предпроизводственного этапа и минимизацию временных затрат на адаптацию к изменениям в снабжении компонентами. Предлагаемые методы и алгоритмы создают основу для цифровой трансформации процессов обеспечения качества в радиоэлектронной промышленности.

Учитывая вышесказанное, сформулированная цель и предпринятая разработка научно обоснованных моделей и методик обеспечения качества и автоматизации предпроизводственных этапов жизненного цикла радиоэлектронной продукции, является актуальной научно-практической задачей.

2. Содержание диссертационной работы

Диссертация объемом 150 страниц состоит из оглавления, списка обозначений и сокращений, введения, трех глав, заключения, списка литературы, содержащего 115 наименований, шести приложений. Содержит 55 рисунков и 22 таблицы.

Диссертационная работа написана понятным научным языком, представленный в ней материал изложен в достаточной степени системно и логично. В каждой главе указаны работы автора, в которых опубликованы основные результаты, графический материал лаконично дополняет текстовый.

3. Основные научные результаты диссертационной работы

В диссертационной работе достигнуты следующие основные научные результаты:

1. Разработана модифицированная версия обобщённой математической модели оценки качества процессов, адаптированная для этапа комплектования электронных компонентных баз, которая за счёт учёта вероятностных характеристик несоответствий поставок и параметров совместимости компонентов обеспечивает повышение точности выявления несоответствий входных материалов по сравнению с традиционными методиками контроля качества;

2. Предложена рекурсивная модель оценки качества производства РЭП, которая за счёт учета вероятностных несоответствий и адаптивной коррекции точнее прогнозирует дефекты, чем существующие аналоги.

3. Предложена методика автоматизации предпроизводственной подготовки РЭП, которая за счёт алгоритмизации трудноформализуемых операций в САМ-системах снижает число несоответствий и обеспечивает соблюдение стандартов качества.

4. Предложена методика автоматизированного формирования параметров компонентов РЭП путём интеграции с технологическими базами данных, что стандартизирует подготовку и исключает ошибки ручного ввода.

5. Предложена методика автоматического сбора параметров ЭКБ из сетевых ресурсов, которая цифровизирует анализ монтажа плат и повышает точность и эффективность подготовки по сравнению с ручными методами.

4. Достоверность результатов диссертационной работы, их апробация и публикации автора

Достоверность результатов диссертационной работы, выдвинутых Соискателем научных положений, выводов и рекомендаций, подтверждается:

- применением современного математического аппарата, включая методы теории вероятностей и математической статистики;
- корректным использованием методов алгоритмизации и автоматизации технологических процессов;
- согласованностью теоретических положений с результатами экспериментальных исследований;
- успешной апробацией разработанных моделей и методик на предприятиях радиоэлектронной промышленности;
- устойчивой воспроизводимостью результатов при решении практических задач обеспечения качества предпроизводственных этапов.

Практическая реализация предложенных решений подтверждена внедрением на предприятиях радиоэлектронной отрасли, что свидетельствует об эффективности разработанного методологического аппарата для повышения каче-

ства и результативности предпроизводственных процессов жизненного цикла РЭП.

Практическая проверка полученных результатов проведена на базе профильных промышленных предприятий: ООО «НПФ «Торэкс», ООО «ПАНТЕС», АО «НИИ «Масштаб».

Материалы диссертационного исследования опубликованы в 20 печатных работах, в том числе 3 – без соавторов. В числе публикаций – 9 статей в ведущих научных журналах, 1 статья, входящая в международные реферативные базы данных и системы цитирования, 5 статей в других изданиях и 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретические и практические результаты диссертационной работы.

Теоретическая значимость работы заключается в развитии научного аппарата для управления качеством и цифровизации процессов производства радиоэлектронной продукции. Модифицированная и рекурсивная математические модели вносят вклад в теорию вероятностного моделирования, обеспечивая переход от статического контроля к динамическому прогнозированию дефектов на основе учета стохастических факторов и адаптивной коррекции оценок. Разработанные методики алгоритмизации трудноформализуемых операций и автоматизированного сбора параметров компонентов формируют теоретические основы для цифровой трансформации предпроизводственной подготовки. В совокупности эти результаты представляют собой целостный теоретический подход к созданию самообучающихся и адаптивных систем обеспечения качества, способных минимизировать влияние человеческого фактора и повысить точность технологического проектирования.

Практическое значение имеют модели и методики, использование которых предполагается в области контрактного производства электроники для предприятий, осуществляющих монтаж ЭКБ на печатные платы.

В ходе выполнения диссертационного исследования получены следующие практические результаты:

1. Снижена вероятность появления несоответствий на этапе комплектования изделия на 3–7%.

2. Снижена вероятность появления несоответствий при выполнении автоматического монтажа на 7–10%.

3. Сокращено время проведения определенных операций предпроизводственной подготовки производства печатных плат на 37% и снижен уровень несоответствий при проведении анализа топологии печатной платы из состава РЭП на 10%.

4. Сокращено время анализа количественных показателей новых итераций РЭП, поставленных на производство, на 85–94% и снижено количество несоответствий на 12%.

5. Сокращено время анализа количественных показателей новых типов РЭП на 85–94% и снижено количество несоответствий на 12%.

6. Степень обоснованности научных результатов

Научные положения и выводы, сформулированные в диссертационной работе, получили комплексное обоснование, что подтверждается:

- корректным применением современных математических методов и алгоритмических подходов;
- верификацией результатов работы разработанного программного обеспечения через сравнение с данными ручного расчета;
- апробацией результатов исследования в научных публикациях и выступлениях на конференциях;
- успешным внедрением разработок на предприятиях радиоэлектронной промышленности.

Достоверность научных результатов подтверждается практической реализацией методик и их положительной оценкой промышленными предприятиями.

7. Внедрение и реализация результатов исследования

Практическая проверка полученных результатов проведена на базе профильных промышленных предприятий: ООО «НПФ «Торэкс», ООО «ПАНТЕС», АО «НИИ «Масштаб».

Результаты исследования также внедрены в образовательный процесс ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения».

8. Замечания по диссертационной работе

Наряду с положительными сторонами диссертационная работа не лишена и ряда недостатков, среди которых целесообразно отметить следующие:

1. Разработанная программа для автоматического сбора параметров компонентов из сетевых источников (С. 103–105) ориентирована на использование международных баз данных, что ограничивает её возможности по автоматизированному анализу отечественной электронной компонентной базы. Для устранения данного ограничения требуется создание и интеграция специализированной локальной базы данных, содержащей актуальные сведения об отечественных компонентах.

2. Расчет итогового риска (С. 66–74) для сборочной единицы основан на предположении о статистической независимости отказов компонентов, что в реальных производственных условиях (общие поставщики, групповые дефекты) может приводить к некоторой погрешности итоговой оценки.

3. Достоверность прогноза (С. 75–79) напрямую связана с точностью начальных оценок вероятностей, для получения которых необходим предварительный сбор репрезентативной статистики, что на начальном этапе может замедлить процесс внедрения.

4. Не в полной мере раскрыты причинно-следственные связи между конкретными технологическими параметрами установок (С. 31–52) и вероятностными характеристиками p_n (С. 75–79), используемыми в рекуррентной модели. Это создаёт разрыв между теоретическим описанием процесса и его формализацией, затрудняя прямую интерпретацию результатов модели в терминах регулируемых технологических факторов для оперативного управления качеством.

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку.

9. Выводы и заключение

Тема диссертации, имеющая существенное значение для развития отечественной электронной промышленности, раскрыта с достаточной полнотой. Поставленная цель исследования достигнута, все сформулированные задачи успешно решены.

Соискателем предложены научные положения, обладающие признаками новизны и получившие аргументированное обоснование. Примененный в работе математический аппарат соответствует целям исследования и использован корректно, что свидетельствует о высоком уровне квалификации автора.

Содержание диссертации полно и точно отражено в автореферате и основных публикациях автора. Практическая ценность работы подтверждена актами внедрения результатов исследования на промышленных предприятиях.

Диссертация Зайцева П. С. «Модели и методики обеспечения качества предпроизводственных этапов жизненного цикла радиоэлектронной продукции» выполнена на актуальную тему на высоком научном уровне.

По поставленной цели и задачам исследования, основному содержанию и полученным результатам, диссертационная работа Зайцева П. С. соответствует паспорту научной специальности 2.5.22 Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства», пунктам 3, 8, 9, 15.

Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи обеспечения качества и автоматизации производства электроники, имеющей существенное значение для развития страны.

Таким образом, диссертационная работа «Модели и методики обеспечения качества предпроизводственных этапов жизненного цикла радиоэлектронной продукции» соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения учёных степеней» (в действующей редакции), а ее автор – Зайцев Петр Сергеевич – достоин присуждения ему учёной степени кандидата

технических наук по специальности 2.5.22 Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства».

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой «Логистики и управления»

ФГБОУ ВО «КНИТУ»,

Почетный работник сферы образования Российской Федерации,

доктор технических наук, профессор

/ А. И. Шинкевич /

« 10 » ноября 2025 г.

Шинкевич Алексей Иванович,

доктор технических наук (05.02.22 – Организация производства (в химической и нефтехимической отраслях промышленности)), профессор, Почетный работник сферы образования Российской Федерации, заведующий кафедрой «Логистики и управления» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

420015, Российская Федерация, Республика Татарстан, Казань, ул. К. Маркса, 68
+7(843) 231-43-13, ShinkevichAI@corp.knrtu.ru

Подпись Шульгина М.А.

удостоверяю.
Начальник отдела
кадрового делопроизводства
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

И.А. Храмова
19 2025 г.