

ГУАПОД	Документ зарегистрирован
	«17» 11 2025г.
	Вх. № 81-209/25

УТВЕРЖДАЮ

Проректор на научной работе
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)»,
доктор технических наук

Иванов Андрей Владимирович

«06» 11 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на диссертационную работу Зайцева Петра Сергеевича на тему «Модели и методики обеспечения качества предпроизводственных этапов жизненного цикла радиоэлектронной продукции», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства

Актуальность темы.

Отечественная радиоэлектронная промышленность представляет собой стратегически важную, наукоёмкую и высокотехнологичную отрасль, развитие которой определяет конкурентоспособность продукции в таких сферах, как телекоммуникации, приборостроение и автоматизированные системы управления.

Особую значимость задача повышения качества приобретает на предпроизводственных этапах жизненного цикла, которые включают процессы конструкторско-технологической подготовки производства, проектирования, поиска и валидации электронной компонентной базы (ЭКБ). Современные тенденции к миниатюризации компонентов, резкому увеличению плотности их компоновки на печатной плате приводят к усложнению технологической подготовки производства, одновременно с этим высокая динамика изменения доступности комплектующих приводит к сокращению времени, отведённого на предпроизводственные процессы. Возникает противоречие, заключающееся в том, что традиционные методики управления номенклатурой и обеспечения качества на стадии подготовки производства не успевают адаптироваться к новым требованиям, что повышает риски срыва сроков выпуска продукции, увеличения её

себестоимости и снижению качества непосредственно технологического процесса.

В этой связи разработка соискателем новых моделей и методик, направленных на обеспечение качества процессов предпроизводственного этапа, является актуальной. Их внедрение позволит предприятиям оперативно реагировать на изменения рынка комплектующих, минимизировать период адаптации конструкторской документации под доступную элементную базу и существенно снизить трудозатраты инженерного состава.

Таким образом, диссертационное исследование соискателя является своевременным и востребованным, а его результаты направлены на решение значимой проблемы для отечественного радиоэлектронного производства.

Оценка структуры и содержания работы.

Диссертация объёмом 150 страниц состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованной литературы из 115 наименований, 6 приложений. Содержит 55 рисунков и 22 таблицы.

Содержание диссертационной работы полно и точно отражает результаты проведённых исследований в соответствии с поставленной целью и задачами. Порядок изложения материала логичен, использованная терминология соответствует общепринятой. Автором рассмотрены научные работы по исследуемой проблеме в объёме, обеспечившим глубокий анализ существующих методов и моделей решения поставленных в диссертационном исследовании задач. При использовании результатов работ других авторов в диссертации приведены корректные ссылки. По поставленной цели, задачам, основному содержанию и полученным результатам исследования диссертационная работа соответствует пунктам 3, 8, 9, 15 паспорта научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Научная новизна проведённых исследований и полученных результатов.

К наиболее значимым научным результатам, обладающим научной новизной и ценностью, можно отнести:

1. Предложена модификация обобщённой математической модели оценки качества, специализированная для этапа комплектования ЭКБ (с. 66–74), отличающаяся от известных учётом вероятностных характеристик совместного функционирования компонентов и динамики их поставок, обеспечивая превентивное прогнозирование несоответствий, что отсутствует в традиционных методиках входного контроля.

2. Разработана рекурсивная математическая модель поэтапной оценки и прогнозирования качества процессов производства РЭП, основанная на

расчёте вероятностных характеристик несоответствий на контролируемых этапах автоматизированных производственных систем (с. 75–79), которая на основе учёта взаимного влияния технологических стадий и механизма адаптивной коррекции обеспечивает динамическое уточнение оценок качества в отличие от традиционных статических методов контроля.

3. Предложена методика автоматизации трудноформализуемых операций предпроизводственной подготовки в САМ-системах для радиоэлектронного производства, основанная на алгоритмической обработке топологии ПП и технологических ограничений (с. 83–96), что в отличие от известных методик устраняет ключевые источники несоответствий, возникающие при ручном выполнении трудноформализуемых технологических процедур в современных САМ-средах.

4. Разработана методика автоматизированного формирования параметров компонентов РЭП путём обработки баз технологических данных (с. 96–103), которая в отличие от известных позволяет формализовать процесс передачи характеристик ЭКБ и исключить субъективные ошибки технологической подготовки производства.

5. Разработана методика автоматического пополнения базы параметров компонентов с использованием открытых сетевых ресурсов (с. 103–109), в отличие от известных позволяющая поддерживать актуальность технических данных и минимизировать ошибки предпроизводственного анализа, характерные для ручных методов работы с ЭКБ.

Практическая значимость результатов диссертационной работы заключается в разработке моделей и методик, направленных на повышение качества и эффективности предпроизводственных этапов в радиоэлектронной промышленности, в том числе:

- модифицированной обобщённой математической модели оценки качества процессов комплектования ЭКБ, которая на основе учёта вероятностных характеристик позволяет повысить точность выявления несоответствий входных материалов;

- рекурсивной математической модели оценки качества процессов производства РЭП, обеспечивающей более точное прогнозирование дефектов на основе адаптивной коррекции;

- методики автоматизации процессов предпроизводственной подготовки РЭП, позволяющей алгоритмизировать трудноформализуемые операции конструкторско-технологической подготовки в САМ-системах;

- методики автоматизированного формирования параметров компонентов РЭП на основе интеграции с базами технологических данных,

обеспечивающей стандартизацию процессов предпроизводственной подготовки;

– методики автоматического определения параметров ЭКБ с использованием сетевых ресурсов, позволяющей автоматизировать процесс анализа монтажа печатных плат.

Внедрение полученных автором результатов исследования в организациях наукоёмкого приборостроения позволило:

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

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

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

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

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

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведённых в диссертации.

Методические разработки и полученные результаты могут быть использованы предприятиями радиоэлектронной промышленности РФ для повышения качества этапов предпроизводственной подготовки РЭП, а также получения заблаговременной информации о вероятности возникновения несоответствующих результатов производственного процесса на этапе технологической подготовки производства.

Практическое значение работы состоит в использовании разработанных моделей и методик в производстве ООО «НПФ «Торэкс», ООО «ПАНТЕС», АО «НИИ «Масштаб».

Некоторые научные результаты диссертационного исследования могут быть использованы в учебном процессе для студентов технических направлений подготовки по дисциплинам «Автоматизированные производственные системы», «Организация проектно-конструкторской деятельности», «Технология цифровых процессов в управлении организацией», «Компонентное обеспечение на этапах жизненного цикла продукции», «Проектно-ориентированные методы разработки продукции».

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и заключений, сформулированных в диссертации.

Обоснованность научных положений, выводов и практических рекомендаций, сформулированных в диссертационном исследовании, подтверждается глубоким анализом современного состояния проблемы, включая фундаментальные и прикладные работы отечественных и зарубежных авторов в области управления качеством, технологической подготовки производства и проектирования радиоэлектронных средств.

Достоверность полученных результатов и выводов обеспечивается корректным применением современного математического аппарата, включая методы теории вероятностей и математической статистики, а также строгой алгоритмизацией процессов предпроизводственной подготовки. Разработанное программное обеспечение выполняет чётко формализованные алгоритмы, что позволяет устранить влияние человеческого фактора при выполнении рутинных операций и гарантирует воспроизводимость результатов.

Соискателем успешно решены поставленные задачи, что отражено в научных положениях и разработанных практических методиках, направленных на повышение эффективности и качества предпроизводственных этапов в радиоэлектронной промышленности.

Теоретические разработки и практические рекомендации, представленные в диссертации, носят аргументированный характер, изложенный материал обладает целостностью и логичностью построения. Использование большого количества научных источников и методов экономического и сравнительного анализа позволило автору обеспечить глубину исследования проблемы и достоверность полученных результатов.

Публикации и апробация.

Результаты исследований достаточно полно отражены в 20 научных публикациях, 9 из которых – в ведущих рецензируемых научных изданиях (3 – без соавторов), 1 – в изданиях международных реферативных баз данных и систем цитирования, 5 – в других изданиях. Получено 4 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Опубликовано 1 учебное пособие.

Замечания по диссертационной работе.

1. Практическая реализация предложенных методик (с. 83–96) выполнена с учётом специфики конкретного программного обеспечения (САМ350). Внедрение этих наработок в другие широко распространённые САМ-системы будет сопряжено с необходимостью их адаптации ввиду

существенных различий в архитектуре и интерфейсах программирования, что является предметом для дальнейших исследований.

2. В модели (с. 66–74) вероятности несоответствий компонентов (p_k) рассматриваются как готовые входные параметры, однако методика их практического получения, верификации и периодической актуализации на основе объективных данных (статистики брака, рейтингов поставщиков) требует дополнительной разработки.

3. Основное содержание модели (с. 66–74) сфокусировано на этапах подбора и закупки комплектующих, в то время как применение модели для оценки рисков на последующих стадиях жизненного цикла (таких как производство, монтаж и испытания) требует дополнительного обоснования и, вероятно, адаптации метода к специфике технологических несоответствий.

4. Для функционирования модель (с. 75–79) нуждается в данных, структурированных строго по контролируемым этапам, что может потребовать перенастройки существующих отчётных форм в системе управления качеством без изменения самой методологии контроля.

5. Первоначальное внедрение сопровождается этапом верификации, в ходе которого необходимо подтвердить адекватность модели (с. 75–79) на исторических данных, что требует временных и трудовых затрат персонала отдела качества и технологических служб.

Указанные **замечания не снижают** ценности диссертационного исследования.

Заключение.

Диссертация Зайцева П.С. представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, в которой содержится решение научно-практической задачи, направленной на повышение качества и результативности предпроизводственных процессов при выпуске серийной и опытной продукции в условиях динамично развивающейся ситуации на рынке электронной компонентной базы для оперативной адаптации радиоэлектронной продукции под доступную электронную компонентную базу. Полученные научные результаты имеют существенное значение для развития наукоёмкого приборостроения Российской Федерации.

По поставленной цели и задачам исследования, основному содержанию и полученным результатам диссертационная работа Зайцева П.С. соответствует научной специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Диссертационная работа соответствует требованиям Положения «О порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук. Автор диссертации, Зайцев Пётр Сергеевич, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства.

Отзыв рассмотрен и утверждён на заседании кафедры №104 «Технологическое проектирование и управление качеством» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». Протокол заседания кафедры №104 от 06 ноября 2025 г., №3. Результаты голосования: за – 18 человек, против – нет, воздержавшихся – нет.

И.о. заведующего кафедрой №104
«Технологическое проектирование
и управление качеством»,
кандидат технических наук, доцент



А. Р. Денискина

Профессор кафедры №104
«Технологическое проектирование
и управление качеством»,
доктор технических наук, профессор



Ю. И. Денискин

Контактная информация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Почтовый адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3

Электронная почта: mai@mai.ru

Телефон: +7(499)158-92-09

Адрес официального сайта: <https://mai.ru/>