

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научно-технологическому
развитию ФГАОУ ВО «МГТУ
д-р техн. наук, проф.


Н.Н. Майоров
« 28 » МАРТА 2026 г.

В диссертационный совет 24.332.02
ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»

ОТЗЫВ

ведущей организации – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» – на диссертацию Шлаева Виктора Ивановича «Повышение эффективности контроля качества изделий на основе автоматизации процесса поканальной обработки сигналов многоканальных систем преобразователей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3. – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»

1. Актуальность исследования

Развитие отрасли приборостроения связано с созданием высокотехнологичных устройств, включающих системы преобразования физических величин, широко применяемые в телекоммуникациях, энергетике, медицине и промышленности.

Важным фактором обеспечения конкурентоспособности продукции приборостроения является повышение точности и надежности функционирования преобразователей, входящих в состав многоканальных систем. При этом контроль качества таких изделий представляет собой сложную задачу, связанную с необходимостью обработки и регистрации сигналов по каждому каналу в соответствии с требованиями нормативной документации. В настоящее время в отрасли наблюдается дефицит отечественного контрольно-измерительного оборудования, а существующие решения преимущественно базируются на использовании зарубежных технологий. В условиях ограниченного доступа к иностранному оборудованию и технологиям возрастает необходимость разработки собственных средств автоматизации процессов контроля качества. Дополнительной проблемой является фрагментарное использование автоматизированных систем, а также ограниченные возможности масштабирования измерительных каналов, что приводит к увеличению габаритов оборудования, усложнению проведения измерений и возможным искажениям сигналов при передаче.

Существенные трудности возникают и на стадии подготовки технических требований к преобразователям. Традиционные подходы, основанные на проведении множественных экспериментальных исследований или использовании конечно-элементного моделирования, характеризуются высокой трудоемкостью и значительными временными затратами.

В этой связи актуальной является задача разработки методов и средств автоматизации процесса контроля качества многоканальных систем преобразователей на основе поканальной обработки сигналов, а также автоматизации процесса подготовки технических требований, обеспечивающих возможность прогнозирования характеристик изделий без проведения длительных экспериментальных исследований.

2. Степень обоснованности научных результатов исследования, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных результатов исследования, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается согласованием теоретических и экспериментально полученных данных, применением признанных методологических подходов, среди которых методы математического анализа, структурное моделирование, численные методы, методы обработки сигналов, методы корреляции, а также корректностью методов, применяемых для теоретических и экспериментальных исследований, апробацией разработанных алгоритмов и программ в системе автоматизации процесса поканальной обработки данных многоканальных систем преобразователей. Сбор, обработка, анализ и интерпретация экспериментальных данных проведена с применением математических методов, методов статистического анализа и обработки сигналов.

Результаты исследования регулярно публиковались и докладывались на международных, всероссийских, региональных и межвузовских научно-технических конференциях. По теме диссертации опубликовано 9 научных публикаций, из них 3 статьи в рецензируемых журналах из перечня, рекомендованного ВАК РФ для публикации работ на соискании ученой степени кандидата технических наук, 1 статья в издании, входящем в базу данных SCOPUS.

3. Достоверность материалов диссертационного исследования

Достоверность основных положений и выводов диссертационной работы подтверждается результатами применения разработанных методов, методики и программных средств, справками об использовании результатов диссертационной работы, представленными в приложении диссертации.

Модели, алгоритмы, совокупность методических и программных средств были применены:

- в учебном плане кафедры «Автоматизированные системы обработки информации и управления» ФГАОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» при подготовке бакалавров и магистров по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах» в рамках учебной дисциплины «Теория управления»;

- при реализации научно-исследовательских, опытно конструкторских работ в АО «Акустический институт имени академика Н.Н. Андреева».

4. Научная новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна работы заключается в следующем:

- выявлены взаимосвязи и установлены зависимости автоматизированного процесса разработки технических требований к преобразователям;

- разработана структурно-параметрическая модель автоматизированного процесса поканальной обработки данных многоканальных систем преобразователей;

- разработаны математические модели и алгоритмы автоматизированного процесса поканальной обработки данных многоканальных систем преобразователей и автоматизированного процесса разработки технических требований к преобразователям.

5. Значимость полученных автором результатов для соответствующей отрасли науки

Теоретическая значимость исследования заключается в совершенствовании теоретических основ проведения контроля качества изделий приборостроения и разработки технических требований к преобразователям, обеспечивающих сокращение времени выполнения измерительных и проектных работ. Полученные результаты могут использоваться при проведении контрольных испытаний, а также при разработке технических требований к преобразователям.

Практическая значимость исследования состоит в разработанном программно-аппаратном комплексе поддержки автоматизированного процесса поканальной обработки данных многоканальных систем преобразователей и модуле автоматизации процесса разработки технических требований к преобразователям по заданным амплитудно-частотным характеристикам. Применение разработанных программно-аппаратных средств позволяет сократить время выполнения конструкторско-технологических и контрольно-измерительных работ.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации.

В диссертационной работе выполнена разработка формализованной модели автоматизированного процесса контроля качества многоканальных систем преобразователей, которая может быть использована для дальнейшего совершенствования методов автоматизации испытаний в приборостроении и смежных областях.

Разработанные автором алгоритмы поканальной обработки сигналов, методы масштабирования каналов с использованием каскадной коммутационной структуры и программно-аппаратный комплекс автоматизации обеспечивают эффективный и унифицированный подход к проведению измерений многоканальных систем. Их применение позволяет:

- сократить время проведения контроля качества изделий;
- повысить точность выделения полезного сигнала и минимизировать потери информации при передаче данных;
- обеспечивать обработку большого числа каналов без существенного увеличения габаритов измерительной системы.

Разработанный программный модуль автоматизации процесса подготовки технических требований к преобразователям, основанный на методах машинного обучения и прогнозирования характеристик изделий, позволяет:

- ускорить разработку технических требований;
- проводить предварительную оценку характеристик преобразователей без необходимости многократных экспериментальных измерений;
- повышать эффективность работы лабораторий и оптимизировать использование специализированного оборудования.

Результаты диссертационной работы могут быть применены на предприятиях приборостроительной отрасли, разрабатывающих и производящих гидрофоны, вибродатчики, антенные блоки и другие многоканальные системы преобразователей

7. Структура и объем диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 155 страницах машинописного текста сквозной нумерации. Содержит 49 рисунков, 2 таблицы, 53 наименований списка литературы.

В **первой** главе проведен обзор источников по теме проводимого научного исследования, а также анализ существующих моделей и методов автоматизации процесса регистрации и обработки сигналов применимых к многоканальным системам преобразователей. Проводится анализ источников информации на предмет поиска существующих моделей прогнозирования амплитудно-частотных характеристик преобразователей. А также методов и средств автоматизации процесса разработки технических требований к преобразователям.

В процессе анализа было выявлено, что существующие на сегодняшний день методы и алгоритмы обработки данных в многоканальных системах для поканальной обработки данных не являются достаточно эффективными для проведения контроля качества системы преобразователей.

Таким образом обосновывается актуальность и необходимость разработки модели автоматизации процесса обработки сигналов с последующей их регистрацией и получением АФЧХ для возможности проведения анализа данных в лабораторных условиях.

В ходе анализа методов автоматизации процесса разработки технических требований к преобразователям установлено, что стандартный подход основан преимущественно на конечно-элементных и спектральных методах, требующих детальной физико-математической модели, знания свойств материалов и условий эксплуатации. Рассмотренные методы обладают

высокой точностью, но являются трудоёмкими и плохо подходят для быстрой разработки технических требований по результатам массовых измерений.

В качестве альтернативного направления предложено использование методов машинного обучения, в частности градиентного бустинга, что позволяет строить автоматизированные модели разработки технических требований к преобразователям по экспериментальным данным контроля качества.

Вторая глава посвящена разработке структурно-параметрической модели автоматизированного процесса поканальной обработки многоканальных систем преобразователей для повышения эффективности контроля качества многоканальных систем преобразователей.

На основе нормативных документов происходит выявление основных методов проведения контроля качества изделий многоканальных систем преобразователей, а также выявление основных параметров сигналов, используемых в процессе контроля качества.

Разработаны структурные модели автоматизированного процесса контроля качества многоканальных систем преобразователей и коммутации сигналов многоканальных систем.

В третьей главе выявляются взаимосвязи автоматизации процесса разработки технических требований к преобразователям, а также описывается разработка математических моделей и алгоритмов для систем автоматизации процесса поканальной обработки данных многоканальных систем преобразователей и автоматизации процесса разработки технических требований к преобразователям.

На основе установленных взаимосвязей разработана математическая модель автоматизации процесса разработки технических требований преобразователей. Разработаны математические модели коммутации сигналов, расчета и управления сигналом коммутации, а также математическая модель автоматизации процесса поканальной обработки данных многоканальных систем преобразователей. На основе математических моделей, разработаны соответствующие алгоритмы.

Четвертая глава посвящена апробации полученных результатов исследования. Апробация результатов исследования проводится на многоканальной системе гидрофонов. Приводится обоснование использования оборудования и программных средств для реализации алгоритмов. Описывается создание и использование программных модулей для автоматизации процесса контроля качества многоканальных систем и нормализацию данных для модели машинного обучения, которая используется для автоматизации процесса разработки технических требований.

Пятая глава посвящена оценке эффективности использования систем автоматизации процесса контроля качества многоканальных систем преобразователей и модуля автоматизации процесса разработки технических требований к преобразователям. Отклонение результатов автоматизированного комплекса от результатов, полученных в ручном режиме,

в среднем составило 3%. Использование разработанного на основе соответствующих алгоритмов автоматизированного комплекса контроля качества многоканальных систем преобразователей, позволяет ускорить процесс проведения измерений без потери качества примерно в 30 раз. Использование разработанного программного модуля автоматизации процесса разработки технических требований к преобразователям, позволят ускорить разработку технических требований вдвое. Производительность увеличивается при увеличении количества результатов измерений, необходимых для обучения модели

8. Замечания

1. Сравнительно кратко представлены сведения о возможностях масштабирования разработанного программно-аппаратного комплекса при увеличении числа измерительных каналов.

2. При описании метода выделения окна полезного сигнала не указана погрешность временной синхронизации между каналами, т.е. не указано насколько сильно временной интервал между измерениями будет отличаться.

3. При описании работы алгоритма прогнозирования параметров преобразователей используется термин «нормализация данных», но не указана конкретная методика нормализации.

4. В тексте отдельные обозначения и сокращения используются без предварительного определения.

5. На некоторых рисунках присутствует мелкий текст и плотное расположение элементов схем.

Отмеченные замечания не оказывают существенного влияния на научную и практическую ценность работы.

9. Соответствие паспорту специальности

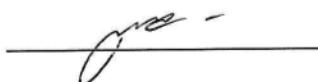
Научная работа соответствует формуле научной специальности 2.3.3 — «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» в пунктах 2 — «Автоматизация контроля и испытаний» и 3 — «Методология, научные основы, средства и технологии построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т. д.».

10. Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Шлаева В.И. актуальна, является законченным исследованием. В ней успешно решены поставленные задачи, её результаты имеют научную и практическую ценность. Результаты исследования имеют существенное значение для области приборостроения. Работа полностью отвечает требованиям ВАК РФ, а её автор Шлаев Виктор Иванович заслуживает присуждения ему степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 — «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Диссертационная работа рассмотрена на заседании кафедры управления в технических системах Института киберфизических систем ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» 16 марта 2026 протокол № 6.

Директор института
киберфизических систем,
заведующий кафедрой
управления в технических
системах,
д-р техн. наук, профессор


Шишлаков Владислав Федорович

В.Ф. Шишлаков

Полное наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

Адрес: 190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, ГУАП

Телефон: +7 (812) 710-65-10

Сайт организации: <https://guap.ru>

«23» марта 2026 г.

