

Утверждаю
Директор ФГБУ ВНИИМС
С.А. Денисенко
«_____» _____ 2023 г.



Отзыв

ведущей организации на диссертационную работу
Кувандыкова Рустама Эгамбердыевича на тему «Разработка и исследование
отечественного транспортируемого эталонного вакуумметра для проведения
сличений, поверки, калибровки средств измерений низкого абсолютного
давления», представленную на соискание учёной степени кандидата
технических наук, по специальности 2.2.4. – «Приборы и методы измерения
(по видам измерений)».

Актуальность для науки и практики

Работа Кувандыкова Р.Э. посвящена актуальной проблеме – разработке и изготовлению эталонного отечественного вакуумметра для измерения низких абсолютных давлений газа. В данной работе проводится анализ современного состояния приборостроения и метрологического обеспечения в области измерений низкого абсолютного давления газа. Автор приходит к выводу, что необходимо совершенствовать метрологическое обеспечение в данной области.

С этой целью автор предлагает новый способ измерения низкого абсолютного давления газа, основанный на измерении коэффициента упругости газовых зазоров (пропорционального давлению газа и исходным геометрическим размерам газового зазора). В диссертации рассматривается принцип действия, приведена эквивалентная схема колебательной системы, теоретическая модель и конструкция разработанного вакуумметра. Автором выводится уравнение преобразования давления, значение которого пропорционально значению собственной частоты колебаний чувствительного

элемента первичного измерительного преобразователя (подвижной пластины). Автором в рамках данной работы рассмотрен новый способ измерения абсолютного давления газа, который предполагает решение проблемы зависимости показания вакуумметра от рода газа, текущего значения его вязкости, концентрации примесей. Режим автоколебаний при измерении значения собственной частоты колебаний чувствительного элемента позволяет восполнять энергетические потери, связанные с вязкостью газа на каждом периоде колебаний, поддерживая их амплитуду на заданном уровне, соответственно вязкость газа не влияет на значение частоты колебаний.

Кувандыков Р.Э. разработал модель эквивалентной колебательной системы первичного измерительного преобразователя первичного измерительного преобразователя, а также разработал электрическую схему устройства поддержания автоколебаний: устройство слежения за фазой и амплитудой колебаний чувствительного элемента, блок фазового сдвига сигнала положения чувствительного элемента, блок автоматической регулировки усиления сигнала положения чувствительного элемента, блок электростатического генератора для восполнения энергетических потерь зависящих от вязкости газа и возникающих при колебаниях чувствительного элемента, блока автоматического регулирования давления газа в вакуумметрической измерительной установке для автоматизации процесса поверки и калибровки средств измерений (СИ) низкого абсолютного давления газа.

Особое внимание автор уделил приборостроению в области измерения давления газа с учетом современных технологий. Первичный измерительный преобразователь, разработан и создан по многослойной технологии микро-электромеханических систем (МЭМС). Разработанный первичный измерительный преобразователь вакуумметра обладает минимальными габаритами, что позволяет использовать его не только в научных лабораториях в качестве малогабаритных транспортируемых эталонов сравнения, но и в

энергетике, в том числе атомной, промышленности, авиакосмической сфере и военно-промышленном комплексе. При изготовлении первичного измерительного преобразователя используются групповые технологии микросистемной техники (МСТ), что позволяет значительно снизить себестоимость изделия, по сравнению с импортными приборами в десятки раз. Вопрос создания отечественного вакуумметра имеет особую актуальность из-за отсутствия отечественных СИ абсолютного давления газа в диапазоне от 10 до 10000 Па и международных санкций, ограничивающих закупки высокоточных импортных СИ. Данная научная работа ведет также к решению задач наиважнейшей задачи импортозамещения.

МЭМС вакуумметр, разработанный автором, востребован практически во всех отраслях науки и техники, в том числе и значительном ряде критических технологий. На текущий момент общая потребность в таких СИ в аэрокосмической, металлургической, атомной и других отраслях промышленности, а также в военно-промышленном комплексе составляет порядка 2000-3000 единиц в год.

Очень актуальны разработанные МЭМС вакуумметры и при решении метрологических задач передачи единицы давления Па от первичных и вторичных эталонов абсолютного давления эталонам 2, 3 разрядов и рабочим СИ, для оснащения метрологических лабораторий.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений и выводов, а также достоверность результатов исследования, сформулированных в диссертации, подтверждаются корректным применением методов и СИ, учётом современных научных достижений в области измерений низких абсолютных давлений газа, а также положительными результатами экспериментальных исследований, их публикацией в научных рецензируемых изданиях, апробацией на международных и всероссийских конференциях, семинарах, конкурсах.

В работе также приводятся результаты исследований метрологических характеристик экспериментального образца МЭМС вакуумметра, который сличался с высокоточными вакуумметрами из состава государственного первичного специального эталона единицы абсолютного давления газа. Относительная погрешность по результатам сличений составила 2 %, что говорит о высокой точности (например, эталон второго разряда зарубежного производства ВДТО-3 имеет погрешность около 10 %) и о возможности применения разработанного вакуумметра в качестве эталона 1 разряда.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных результатов, полученных в диссертационной работе, подтверждается корректностью применения математических методов моделирования, анализа и современных методов обработки экспериментальных данных.

Автором проделана значительная работа. Пройден путь от теоретических исследований нового способа измерений абсолютного давления газа до создания рабочей конструкторской документации, изготовления экспериментального образца вакуумметра и исследований его метрологических характеристик. Основные научные результаты, полученные автором:

1. Исследован новый способ измерения абсолютного давления газа;
2. Выведено уравнений преобразования абсолютного давления газа в значение собственной частоты колебаний чувствительного элемента первичного измерительного преобразователя МЭМС вакуумметра;
3. Разработана методика расчёта параметров конструкции устройства для осуществления нового способа измерения низкого абсолютного давления газа;
4. Проведены исследования метрологических характеристик экспериментального образца вакуумметра.

Значимость результатов, полученных автором, для развития соответствующей отрасли науки и производства

Отечественные эталонные вакуумметры критически важны для сохранения метрологического обеспечения Российской Федерации в области измерений низкого абсолютного давления газа. Научная значимость результатов работы заключается в усовершенствовании метрологического обеспечения измерений абсолютного давления газа путем исследования нового способа измерения давления газа, разработки и изготовления экспериментального образца вакуумметра. Работа является важным вкладом в обеспечение единства измерений в Российской Федерации, в развитие науки и научных исследований.

Полученные при выполнении работы результаты позволили:

- перейти к разработке серийно выпускаемых отечественных высокоточных МЭМС вакуумметров на основе нового способа измерения абсолютного давления газа с малой себестоимостью;
- создать средство хранения и передачи единицы абсолютного давления газа (транспортируемый эталон);
- решить проблему импортозамещения в области наиболее востребованных высокоточных СИ абсолютного давления газа.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования

Рекомендуется использовать результаты диссертационного исследования при создании серийного отечественного транспортируемого эталонного вакуумметра. Результаты научной работы Кувандыкова Р.Э. рекомендованы для использования в государственных национальных метрологических институтах при дальнейшем совершенствовании метрологического обеспечения в области измерения абсолютного давления газа, а также в региональных центрах стандартизации, метрологии и испытаний РФ, ведущих производственных предприятиях при работах, связанных с измерениями, поверкой и калибровкой вакуумметров.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности

Диссертация состоит из введения, трёх разделов, заключения, списка использованных источников из 49 наименований и 4 приложений. Общий объём работы составляет 164 страниц машинописного текста, включая 64 рисунка и 10 таблиц. Представленные материалы достаточно полно характеризуют результаты проведённых исследований. Порядок изложения материала вполне логичен, применяемая терминология в основном соответствует общепринятой. Объём рассмотренных работ по исследуемой теме обеспечивает необходимую глубину анализа состояния вопроса. При использовании результатов работ других авторов в тексте диссертации приведены соответствующие ссылки.

Автореферат диссертации соответствует её содержанию по основным научным положениям, результатам теоретических исследований и проведённых экспериментов, содержанию опубликованных работ.

Содержание диссертационного исследования соответствует целям и задаче исследования, представляет собой завершённую работу.

Замечания и недостатки по диссертационной работе

По результатам рассмотрения диссертации и автореферата можно выделить следующее:

1. В рамках проведенных исследований зависимости значения собственной частоты колебаний чувствительного элемента первичного измерительного преобразователя от давления газа следовало бы провести исследования зависимости от рода газа;
2. Автору следовало бы указать в тексте автореферата и диссертации предполагаемое место разработанного эталонного вакуумметра в государственных поверочных схемах для СИ абсолютного давления газа.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку выполненной работы.

**Заключение о соответствии диссертационной работы требованиям
«Положения о порядке присуждения учёных степеней»**

Диссертация Кувандыкова Рустама Эгамбердыевича является законченной научно-квалификационной работой и выполнена на высоком научном уровне, позволяя решить актуальную научно-техническую задачу совершенствования обеспечения единства измерений низкого абсолютного давления газа в Российской Федерации.

Считаем, что диссертация Кувандыкова Р.Э. «Разработка и исследование отечественного транспортируемого эталонного вакуумметра для проведения сличений, поверки, калибровки СИ низкого абсолютного давления», представленная к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук, полностью отвечает требованиям пунктов 9-11, 13 и 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор Кувандыков Рустам Эгамбердыевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.4. – «Приборы и методы измерения (по видам измерений)».

Отзыв подготовлен в отделе метрологического обеспечения измерений давления Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы».

Заместитель начальника отдела
ФГБУ «ВНИИМС»

Р.В. Кузьменков

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции № 1 «Научные исследования и разработки в области метрологии» НТС ФГБУ «ВНИИМС» (протокол заседания № 339 от «14» 04 2023 г.).

Председатель секции № 1,
Заместитель директора ФГБУ «ВНИИМС»



Ф.В. Булыгин

Подпись заверяется в отделе кадров ФГБУ ВНИИМС

Контактная информация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Всероссийский научно-исследовательский институт
метрологической службы» (ФГБУ ВНИИМС);

119361, Москва, ул. Озерная, д. 46;

тел. кафедры +7 495 4373729;

e-mail: office@vniims.ru;

e-mail: rkuzmenkov@vniims.ru.

Список трудов сотрудников организации

В список трудов сотрудников включаются публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (с 2013 года) по научной специальности соискателя. Указывается не более 15 публикаций

Выдержка из «Положения о порядке присуждения ученых степеней» - реакция от 21 апреля 2016 г. №2 335:

«В отзыве ведущей организации на диссертацию отражается значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки. В отзыве на диссертацию, имеющую прикладной характер, должны также содержаться конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации.

В случае несоответствия отзыва ведущей организации указанным требованиям диссертационный совет до проведения защиты заменяет ведущую организацию, при этом дата защиты диссертации переносится на срок не более 6 месяцев».