

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 32.1.001.01,
созданного на базе Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому
регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли
Российской Федерации, по диссертации на соискание учёной степени
кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «01» июня 2023 г. № 11 _____

О присуждении Кувандыкову Рустаму Эгамбердыевичу, гражданину
Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование отечественного
транспортируемого эталонного вакуумметра для проведения сличений,
поверки, калибровки средств измерений низкого абсолютного давления»

**по специальности 2.2.4. – Приборы и методы измерения (по видам
измерений)**

принята к защите «_27_» марта 2023 г., протокол заседания
диссертационного совета № 8.2, диссертационным советом 32.1.001.01
(вместо Д 308.004.01, согласно Приказа МИНОБРНАУКИ от 03.06.2021 №
561/нк), созданным на базе Федерального государственного унитарного
предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт
метрологии им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому
регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли
Российской Федерации, 190005, Россия, Санкт-Петербург, пр-кт Московский,
д.19, приказ о создании диссертационного совета № 158-в от «10» ноября 2000
г. (с изменениями, введенными приказами от 27 апреля 2007 г. № 798-404/158,
от 11 мая 2007 г. № 1300-447/158, от 11 апреля 2008 г. № 137-160/158, от 11
апреля 2012 г. № 105/нк, от 22 марта 2018 г. № 304/нк и от 15 ноября 2021 г.
1179/нк).

Соискатель Кувандыков Рустам Эгамбердыевич, «21» сентября 1980 года рождения.

В 2002 г. окончил «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет» с присуждением степени бакалавра техники и технологии по специальности «Приборостроение», и в 2002 году поступил на работу в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» на должность инженера.

В 2016 г. окончил «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» с присуждением степени магистра по специальности «12.04.01 Приборостроение».

Соискатель Кувандыков Рустам Эгамбердыевич окончил аспирантуру ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в 2021 году по направлению 12.06.01 «Фотоника, приборостроение, оптические и биотехнические системы и технологии», направленность «Приборы и методы измерения по видам измерений», сдал кандидатский экзамен по специальной дисциплине 05.11.01 (2.2.4) – Приборы и методы измерения (по видам измерений (механические величины)). В настоящее время работает ведущим инженером отдела государственных эталонов в области измерений давления ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

Диссертация выполнена в отделе государственных эталонов в области измерений давления (НИО 231) ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

Научный руководитель - кандидат технических наук, Чернышенко Александр Александрович, руководитель научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов и научных исследований в области измерений низкого абсолютного давления ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

Официальные оппоненты:

Федоров Алексей Владимирович, доктор технических наук, профессор факультета систем управления и робототехники ФГАОУВО "Санкт-

Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики";

Ухов Андрей Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры электронных приборов и устройств Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова»,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, Москва. В заключении, подписанном заместителем начальника отдела метрологического обеспечения измерений давления Кузьменковым Романов Владимировичем и утверждённым директором Денисенко Сергеем Александровичем, указано что диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, позволяющей решить актуальную научно-техническую задачу по обеспечению единства измерений давления в Российской Федерации (РФ), соответствует требованиям пунктов 9-11,13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Кувандыков Р.Э. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.4.- Приборы и методы измерения по видам измерений (по видам измерений). Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании секции № 1 «Научные исследования и разработки в области метрологии» НТС ФГБУ «ВНИИМС» и подписан председателем секции № 1 Булыгиным Фёдором Владиленовичем.

Соискатель имеет десять опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано три работы, две из них в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Web of Science и Scopus).

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Кувандыков Р.Э. Резонансный вакуумметр / В.Н. Горобей, Р.Э. Кувандыков, Р.А. Тетерук – Текст : непосредственный // Законодательная и Прикладная метрология. – 2019. – № 6. – С. 24-26 (объем 0,18 п.л. / авторский вклад 0,09 п.л.).

Личный вклад соискателя: разработаны и исследованы физико-математические модели первичного измерительного преобразователя нового способа измерения абсолютного давления газа. Проведено исследование метрологических характеристик экспериментального образца вакуумметра.

2. Кувандыков Р.Э. Разработка и исследования вакуумметров с чувствительными элементами, изготовленными по технологии МЭМС / Р.Э. Кувандыков, Р.А. Тетерук – Текст: непосредственный // Наноиндустрия. Сборник трудов 26-й научно-технической конференции с международным участием «Вакуумная наука и техника». – 2019. – С. 68-72 (объем 0,29 п.л. / авторский вклад 0,15 п.л.).

Личный вклад соискателя: осуществлена передача размера единицы абсолютного давления от рабочего эталона первого разряда входящего в состав государственного первичного эталона единицы абсолютного давления ГЭТ 49-2016 экспериментальному образцу вакуумметра, основанному на новом способе измерения давления газа. Проведено исследование метрологических характеристик экспериментального образца вакуумметра.

3. Кувандыков Р.Э. О возможности применения деформационно-частотного способа измерения абсолютного давления газа в эталонных вакуумметрах / Р.Э. Кувандыков – Текст: непосредственный // Эталоны. Стандартные образцы. – 2022. – Т.18. – № 3. – С. 24-30 (объем 0,40 п.л. / авторский вклад 0,40 п.л.).

Личный вклад соискателя: анализ текущего состояния метрологического обеспечения РФ в области измерения низких абсолютных давлений. Разработаны научно-методические и технологические принципы изготовления первичных измерительных преобразователей, основанных на

новом деформационно-частотном способе измерения давления. Оценено влияние основных факторов на неопределенность результата измерения давления разработанного деформационно-частотного вакуумметра. На основе уравнения измерений были рассчитаны коэффициенты чувствительности по каждому из источников неопределённости, составлена сводная таблица составляющих стандартной неопределённости результата измерения давления.

4. Патент № 2749644 Российская Федерация, МПК G01L 21/00 (2006.01), G01L 7/06. Способ измерения низкого абсолютного давления газа и устройство для его осуществления : № 2020138456 : заявл. 23.11.2020 : опубл. 16.06.2021 / Гаршин А.Я., Горобей В.Н., Кувандыков Р.Э., Чернышенко А.А., Тетерук Р.А. ; заявитель ФГУП ВНИИМ. – 16 с.: ил. – Текст : непосредственный. (объём 0,92 п.л. / авторский вклад 0,25 п.л.)

Личный вклад соискателя: анализ физико-математической модели первичного измерительного преобразователя. Разработка научно-методических принципов расчёта геометрических параметров конструкции первичного измерительного преобразователя на основе целевых метрологических характеристик.

В диссертации Кувандыкова Р.Э. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из восьми организаций (все отзывы положительные)**. В отзывах отмечена актуальность темы, степень проработки вопроса и профессиональный подход к решению поставленных задач, дана положительная оценка проведенных исследований.

1. ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения» (подписал доцент кафедры Метрологического обеспечения инновационных технологий и промышленной

Юрьевич).

Замечаний, кроме опечаток в автореферате не выявлено.

Оценка работы положительная.

2. ФГАОУ «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (подписал доцент высшей школы киберфизических систем и управления, кандидат технических наук **Цветков Валерий Александрович**).

Замечание по работе: недостаточно полно раскрыты процессы перетекания газа из газового зазора при колебаниях подвижной пластины, а также влияние состава газа на результат измерений.

Оценка работы положительная.

3. ООО «Мидаус» (подписал начальник научно-исследовательской лаборатории, кандидат технических наук **Савченко Евгений Геннадьевич**)

Замечания:

1. В автореферате неправильно пронумерован рисунок.
2. Не представлены результаты прямого сравнения разработанного прибора с мембранно-ёмкостным вакуумметром в диапазоне от 10 Па до 1 кПа. Это бы позволило более наглядно продемонстрировать преимущества разработанного прибора, а именно исключение влияния температурных эффектов и остаточного давления в сравнительной камере.
3. Не рассмотрен вопрос о возможности использования нового способа при воспроизведении единицы абсолютного давления газа.

Оценка работы положительная.

4. Институт химического и нефтяного машиностроения КНИТУ (подписал директор института, профессор кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок», доктором технических наук, **Бурмистровым Алексеем Васильевичем**).

Замечания:

1. В основном содержании работы стоило перечислить основополагающие стандарты, на основе которых сделан обзор.
2. Автореферат содержит незначительное число грамматических ошибок.

Оценка работы положительная.

5. ФГУП «ВНИИФТРИ» (подписал начальник отдела 320 к. ф.-м. н. **Сергей Михайлович Гаврилкин**)

Замечания:

1. В последнем абзаце на стр.3 в предложении «Целью диссертационной работы..» между словами «в том числе» и «метрологических характеристик» пропущено слово «улучшение».
2. В первом абзаце на стр.4 «Задачи исследования» перед словами «эталонного вакуумметра» пропущено очень важное слово «транспортируемого», так как миниатюрность прибора приобретает исключительное значение в ряде практических применений.

Оценка работы положительная.

6. Балтийский Государственный Технический Университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова (подписал декан факультета «Информационных и управляющих систем», д. т. н., профессор Сергей Юрьевич Страхов)

Замечания:

1. В тексте автореферата присутствуют стилистические и орфографические ошибки. Есть путаница в нумерации рисунков.
2. Не раскрыт режим течения газа при перетекании из (в) газовых (е) зазоров в процессе измерения при колебаниях пластины-осциллятора, и степень влияния перетекания на результат измерения.

Оценка работы положительная.

7. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова Научно-исследовательский институт механики (подписал научный сотрудник лаборатории наномеханики, к. ф.-м. н., Василий Викторович Косьянчук)

Замечания:

1. Имеются незначительные пунктуационные ошибки в тексте;
2. Неправильная нумерация рисунков;
3. Недостаточно полно раскрыто влияние вязкости газа на частоту собственных автоколебаний подвижной пластины.

Оценка работы положительная.

8. ФБУ «УРАЛТЕСТ» (подписал заместитель генерального директора по метрологии Денис Геннадьевич Дедков и начальник сектора давления и вакуума Артём Владимирович Трапезников)

Замечаний нет.

Оценка работы положительная.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в вопросах по теме диссертационной работы и широкой известностью своими достижениями в соответствующей отрасли наук, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция повышения точности передачи единицы давления при поверке и калибровке средств измерений (СИ) низкого абсолютного давления газа, аттестации рабочих эталонов, а также межлабораторных сличениях в диапазоне пересечения Государственных поверочных схем (ГПС) РФ в области вакуума (ГПС для СИ абсолютного давления газа в диапазоне $1 \cdot 10^{-8}$ – $1 \cdot 10^3$ Па в соответствии с ГОСТ 8.107–81 и ГПС для СИ абсолютного давления газа в диапазоне $1 \cdot 10^{-1}$ – $1 \cdot 10^7$ Па, утвержденная приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 06.12.2019 г. № 2900);

предложены оригинальные научно-методические и технические подходы при передаче единицы абсолютного давления газа с необходимой для поверки и калибровки СИ низкого абсолютного давления газа точностью и

стабильностью, при помощи разработанного эталонного вакуумметра, основанного на новом деформационно-частотном способе измерения абсолютного давления газа, удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам первого разряда со стороны ГПС РФ в области вакуума;

доказана перспективность и адекватность использования разработанных физико-математических моделей нового деформационно-частотного способа измерения низкого абсолютного давления газа, позволяющих оценить вклад влияющих факторов: значение градуировочного коэффициента и зависимости от температуры, на результаты измерений низкого абсолютного давления газа с помощью высокоточного комплекса аппаратуры;

введён новый термин «эквивалентный коэффициент упругости газового зазора» первичного измерительного преобразователя, описывающий величину, дополняющую физико-математическую модель процесса измерения новым деформационно-частотным способом низкого абсолютного давления газа.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что

доказана необходимость разработки эталонного вакуумметра для метрологического обеспечения СИ низкого абсолютного давления (для диапазона от 10 до 10000 Па);

эффективность использования основных физических законов, описывающих процессы сжатия, расширения и перетекания газов в условиях высокого и среднего вакуума **применительно к проблематике диссертации**, при исследованиях показателей точности метода;

изложены условия применения физико-математических моделей первичного измерительного преобразователя, реализующего новый деформационно-частотный способ измерения низкого абсолютного давления газа в диапазоне от 10 до 10000 Па в области вакуума;

раскрыты выявленные влияющие факторы при измерении низкого абсолютного давления в диапазоне от 10 до 10000 Па в области вакуума на

результаты измерения давления деформационно–частотным способом, которые должны быть включены в общий бюджет неопределённости результата измерения;

изучены составляющие неопределенности измерений при передаче единицы давления от государственных первичных эталонов в области вакуума рабочим эталонам первого и второго разрядов;

проведена модернизация модели деформационного метода измерений низкого абсолютного давления газа, основанной на гармонической деформации объёма измерительной камеры первичного измерительного преобразователя.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены научные, технические и методические составляющие системы обеспечения единства измерений низкого абсолютного давления газа, позволяющие сохранить существующую систему передачи размера единицы от рабочих эталонов всему парку СИ давления в Российской Федерации: эталонный транспортируемый деформационно-частотного вакуумметр, удовлетворяющий требованиям ГПС в области вакуума к рабочим эталонам первого разряда, программно-аппаратный комплекс, позволяющий автоматизировать процессы калибровки и поверки СИ низкого абсолютного давления газа;

определены границы применения разработанных физико-математических моделей нового деформационно-частотного способа измерения низкого абсолютного давления газа;

создана система практических рекомендаций для проектирования первичных измерительных преобразователей, основанных на новом деформационно-частотном способе измерения низкого абсолютного давления газа и методик их применения;

представлены методики расчёта значений геометрических параметров конструкции первичного измерительного преобразователя, основанного на

новом деформационно-частотном способе измерения абсолютного давления газа, а также методики оценки неопределённости результата измерения деформационно-частотного вакуумметра.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ применялось поверенное и калиброванное оборудование из состава первичного эталона, утверждённые методики калибровки средств измерения давления, температуры и влажности. Экспериментально доказано, что повторяемость и воспроизводимость результатов исследования находится в заданных пределах;

теория построена на основе известных, достоверных и проверенных данных, которые согласуются с рекомендациями международных метрологических организаций и современными тенденциями в этом направлении исследований;

идея базируется на обеспечении метрологической прослеживаемости измерений к Государственным первичным эталонам единицы давления, повышении точности измерений на уровне рабочих эталонов первого разряда ГПС РФ, а также увеличении эффективности процедур поверки и калибровки СИ низкого абсолютного давления газа за счет улучшения технико-экономических показателей;

использованы данные, опубликованные ранее по рассматриваемой тематике, а также результаты исследований зарубежных метрологических институтов для сравнения с данными, полученными в диссертационной работе

установлена корректность результатов исследований и подтверждение метрологических характеристик разработанного деформационно-частотного вакуумметра исследованием и апробацией во ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»;

использованы современные методики измерений и методы обработки результатов измерений, методы расчета расширенной неопределённости результатов измерений.

Личный вклад соискателя состоит в постановке задач исследования, разработке физико-математических моделей нового деформационно-частотного способа измерения абсолютного давления газа, в проектировании и исследовании экспериментального образца эталонного вакуумметра; в проведении экспериментов и интерпретации их результатов (оценке метрологических характеристик); в разработке, апробации и внедрении программно-аппаратного комплекса улучшающего технико-экономические показатели процесса передачи размера единицы давления СИ низкого абсолютного давления; апробации и внедрении результатов исследования и подготовке публикаций по теме диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие замечания:

Замечание касается второго пункта Положений, выносимых на защиту из которого не ясно, в каком диапазоне будет находиться результат измерения, если допускаемая относительная погрешность измерений – 2 %, а относительная расширенная неопределённость результата измерений абсолютного давления газа $U_{0,95} = 1,2 \%$.

Работа написана хорошо, читается хорошо, но в тексте много длинных предложений.

Работа хорошая. Все требования к диссертации соблюдены, но в работе встречаются редакционные неточности.

Работа хорошая, однако недостаточно полно раскрыт учёт влияния вязкости газа на частоту собственных автоколебаний подвижной пластины.

Соискатель Кувандыков Р.Э. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привёл собственную аргументацию.

Диссертационный совет отмечает, что результаты исследования могут быть **использованы** в деятельности ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» по содержанию и применению Государственного первичного эталона единицы давления ГЭТ 49-2016.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация Кувандыкова Рустама Эгамбердыевича является законченной научно-

квалификационной работой, соответствующей требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (в редакции Постановлений Правительства Российской Федерации от 21.04.2016 № 335, от 02.08.2016 № 748, от 29.05.2017 № 650, от 28.08.2017 № 1024, от 01.10.2018 № 1168), предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, в которой решена актуальная научно-техническая задача по обеспечению единства измерений низкого абсолютного давления путём разработки эталонного вакуумметра, основанного на новом деформационно-частотном способе измерения давления и программно-аппаратного комплекса на его основе в соответствии с существующей иерархической системой передачи единицы давления в Российской Федерации.

На заседании 1 июня 2023 г. диссертационный совет принял решение присудить Кувандыкову Р.Э. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (2.2.4), участвовавших в заседании, из 15 человек, входящего в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель

диссертационного совета

 Конопелько Леонид Алексеевич

Учёный секретарь

диссертационного совета

02.06.2023 г.

М.П.



 Чекирда Константин Владимирович