

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 ученой степени  
кандидата наук

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «21» июля 2022 г. № 10

О присуждении Каменских Юрию Игоревичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование метода передачи единицы массы от Государственного первичного эталона вторичным эталонам в условиях вакуума и атмосферного воздуха»

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

**принята к защите** «17» мая 2022 г., протокол № 7.2, диссертационным советом 32.1.001.01, 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 по приказу № 1179/нк от «15» ноября 2021 г.

**Соискатель** Каменских Юрий Игоревич, «11» января 1979 года рождения. В 2004 году соискатель окончил Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ), квалификация Инженер по специальности «Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели» и в 2005 году

поступил на работу в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» на должность инженера.

Соискатель Каменских Юрий Игоревич в 2013 году окончил аспирантуру заочной формы обучения Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» по направлению 05.11.15 – Метрология и метрологическое обеспечение, 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 руководителем сектора в научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов в области измерений массы и силы ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

Диссертация выполнена в научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов в области измерений массы и силы (НИЛ 2301) ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации.

**Научный руководитель** - кандидат технических наук, Снегов Виктор Савельевич, ведущий научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории государственных эталонов в области измерений массы и силы ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева».

**Официальные оппоненты:**

Дмитриев Александр Леонидович, доктор технических наук, профессор кафедры «Лазерная техника» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова»;

Епифанцев Кирилл Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры №6 института фундаментальной подготовки и технологических инноваций (ФПТИ) федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения», дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – акционерное общество «Весоизмерительная компания Тензо-М» (АО «ВИК «Тензо-М»), Московская область – в своем положительном заключении, подписанном Генеральным директором Сенянским Михаилом Васильевичем, кандидатом технических наук, указала что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, позволяющей решить актуальную научно-техническую задачу по обеспечению единства измерений массы в Российской Федерации, соответствует требованиям пунктов 9-11,13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Каменских Ю.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.4.- Приборы и методы измерения по видам измерений (по видам измерений (механические величины)).

**Соискатель** имеет семь опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано шесть работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано пять работ, 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. Каменских Ю.И. «Современное состояние государственного первичного эталона единицы массы» / Ю.И. Каменских, В.С. Снегов //Измерительная техника, 2009. № 7.– С. 27-29. (объем 0,35 п.л. / авторский вклад 0,18 п.л.).

Личный вклад соискателя: разработаны и исследованы методики сличений эталонных гирь массой 1 кг и методики передачи размера единицы массы эталонным гилям дольных и кратных значений килограмма с применением современных электронных компараторов.

2. Снегов В.С. «Сличения эталонов-копий с государственным первичным эталоном единицы массы в 2014–2015 гг» /В.С. Снегов, Ю.И. Каменских, И.В. Викторов // Измерительная техника, 2016. № 10. – С. 68-72. (объем 0,52 п.л. / авторский вклад 0,21 п.л.).

Личный вклад соискателя: осуществлена передача единицы массы от государственного первичного эталона единицы массы ГЭТ 3-2008 вторичным эталонам–копиям методом совокупных измерений. Обработаны и представлены результаты измерений. Проведен анализ существующих методов передачи единицы массы вторичным эталонам. Новый метод, предложенный соискателем, осуществляется с учетом перехода на новое определение килограмма. Оценено влияние основных факторов, влияющих на точность передачи единицы вторичным эталонам из нержавеющей стали. Обоснован переход на вакуумное взвешивание.

3. В.С. Снегов «О циклах взвешивания массы на компараторах» /В.С. Снегов, А.В. Сафонов, Ю.И. Каменских //Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности, 2018. - № 7 – С. 9-12. (объем 0,46 п.л. / авторский вклад 0,19 п.л.).

Личный вклад соискателя: разработан и опробован метод калибровки гирь с применением различных циклов взвешивания, учитывающий линейный временной дрейф компараторов массы. Проведена оценка неопределенности измерений, зависящая от порядкового номера калибруемой гири в цикле взвешивания.

4. Ю.И. Каменских. «Эталон-копии единицы массы: калибровка 2020 года с применением вакуумного компаратора ССЛ 1007» / Ю.И. Каменских, В.С. Снегов //Эталон. Стандартные образцы, 2021. № 2. – С. 59-71. (объем 1,23 п.л. / авторский вклад 0,81 п.л.).

Личный вклад соискателя: разработаны методы, регламентирующие порядок определения и подтверждения действительных метрологических характеристик вторичных эталонов единицы массы, применен новый метод прямых измерений плотности воздуха с помощью специальных мер

плавучести из нержавеющей стали номинальной массой 1 кг, проведена передача единицы массы и обработаны результаты калибровки эталонных копий по Государственному первичному эталону единицы массы с применением нового вакуумного компаратора массы CCL 1007 и специальных мер массы плавучести.

5. Чернышенко А.А. «Вакуумная система Ватт-Весов: Аспекты разработки» /А.А. Чернышенко, Ю.И. Каменских //Эталоны. Стандартные образцы, 2021. № 4. –С. 5-12. (объем 0,74 п.л. / авторский вклад 0,37 п.л.).

Личный вклад соискателя: проведение теоретических и практических научно-исследовательских работ, с использованием вакуумного компаратора массы CCL 1007 из состава Государственного первичного эталона единицы массы ГЭТ 3-2020, направленных на разработку вакуумной системы создаваемого эталона килограмма – Ватт - весов.

В диссертации Каменских Ю.И. отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах соискателя, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы из семи 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. ООО «НСП «Госметр» (подписал руководитель направления магнитоэлектрических весовых модулей, доктор технических наук, профессор **Галайдин Павел Андреевич**).

Замечаний и серьезных просчетов в применяемых методах обработки статистики не выявлено.

2. ООО «Инженерный центр «АСИ»» (подписал Генеральный директор **Бучин Игорь Рафаэлевич**).



Замечания по работе незначительные, в автореферате диссертации имеются опечатки, являющиеся непринципиальными и не снижающие научной ценности защищаемых результатов.

3. ООО «ОКБ «Веста» (Генеральный директор **Быков Юрий Александрович**).

Замечание:

Среди недостатков автореферата можно отметить, что в описании содержания первой главы стоило перечислить основополагающие стандарты, на которые был сделан обзор, а так же незначительное количество пунктуационных ошибок.

4. ФБУ «Ростест - Москва» (подписал начальник лаборатории №444 **Якубов Павел Борисович**).

Замечаний нет.

5. ООО «Сартогосм» (подписал Генеральный директор, кандидат филологических наук **Ларионова Ольга Александровна**).

Замечания:

1) В описании математического аппарата присутствуют опечатки, например: переменной  $a_x$  и  $a_y$  в формуле нет, зато есть  $a_T$  и  $a_R$ .

2) Не обоснован выбор гексана для обработки поверхности гирь.

3) Возникает вопрос о соответствии выносимого на защиту положения об уменьшении неопределенности при передаче единицы эталонам-копиям в 10 раз, с  $6 \cdot 10^{-9}$  кг до  $6 \cdot 10^{-10}$  кг, и бюджета неопределенности, представленного в Таблице 4, а также результатов калибровки, представленных в Таблице 5.

6. ФБУ «Тест-С.-Петербург» (подписал главный метролог, кандидат технических наук **Демидова Мария Андреевна**).

Замечаний, ошибок и просчётов части выдвижения и обоснования гипотез, анализа и преобразования математических моделей не обнаружено.

7. СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. Ульянова (Ленина) (подписал доцент кафедры Информационно- измерительных систем и технологий, кандидат технических наук **Сулоева Елена Сергеевна**)

К сожалению, в автореферате недостаточно детально обсуждаются вопросы расчета неопределенности входных величин по типу А и В (таблица 3), а также назначение законов распределения в рамках расчета бюджета неопределенности измерений при сличении эталонов – копий, но это не влияет на общее качество выполненной работы.

**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 массы от Государственного первичного эталона в условиях вакуума и атмосферного воздуха и соответствующая методика, обеспечивающие сохранение существующей иерархической системы передачи единицы массы в Российской Федерации.

**предложены** оригинальные научно-методические подходы к реализации метода передачи единицы массы от Государственного первичного эталона вторичным эталонам при помощи вакуумного компаратора массы, учитывающие рекомендации Консультативного комитета по массе и связанным величинам, при переходе на новое определение килограмма и позволяющего обеспечить сопоставимость результатов сравнения массы эталонных гирь при измерениях в вакууме и атмосферном воздухе;

**доказана** адекватность и перспективность использования разработанных математических моделей, позволяющих оценить вклад

влияющих факторов: – сорбционного эффекта и эффекта плавучести, на результаты измерений разности масс эталонов.

**введены** в метрологическую практику новые методы подекадной передачи единицы массы в области килограммовых, граммовых, миллиграммовых и субмиллиграммовых масс в диапазоне номинальных значений от  $5 \cdot 10^{-8}$  кг до 20 кг с целью расширения диапазона передачи единицы массы ГПЭ единицы массы килограмма ГЭТ 3-2020.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что доказана** необходимость учета эффекта плавучести и сорбционных эффектов, влияющих на точность передачи единицы массы в воздухе на уровне верхнего звена Государственной поверочной схемы для средств измерения массы;

**применительно к проблематике диссертации эффективно использованы** методы исследования сорбции газов на поверхности твердых тел при переходе от вакуума к атмосферному воздуху;

**изложены доказательства** достаточности используемого комплекта специальных мер влияющих величин и количества степеней очистки;

**раскрыты** несогласованности приписанной неопределенности к международному прототипу килограмма в действующей Государственной поверочной схеме для средств измерений массы, которые учтены в разработанном методе передачи единицы массы от Государственного первичного эталона массы вторичным эталонам;

**изучены** вклады различных источников неопределенности измерений при передаче единицы массы от Государственного первичного эталона массы вторичным эталонам;

**проведена модернизация** существующих методов передачи единицы массы, включая область дольных и кратных значений килограмма, позволяющая расширить диапазон передачи единицы массы в область субмиллиграммовых значений;



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

**разработаны и внедрены** научные, технические и методические составляющие системы обеспечения единства измерений массы, включая Государственный первичный эталон единицы массы ГЭТ 3-2020 (приказ Росстандарта № 2180 от 23.12.2020), Государственную поверочную схему для средств измерений массы (приказ Росстандарта № 1622 от 04.07.2022), позволяющие сохранить существующую систему передачи единицы от рабочих эталонов всему парку рабочих средств измерений массы в стране;

**определены** основные требования к верхнему звену системы метрологического обеспечения средств измерений массы, включая метрологические характеристики Государственного первичного эталона единицы массы и вторичных эталонов;

**создана** основа для обеспечения единства измерений в области измерений массы в соответствии с новым определением килограмма;

**представлены** методики передачи единицы массы вторичным эталонам и оценки неопределенности измерений метрологических характеристик, изложенные в «Правилах содержания и применения ГЭТ 3-2020», позволяющие уменьшить неопределенность измерений при передаче единицы вторичным эталонам с  $6 \cdot 10^{-9}$  кг до  $6 \cdot 10^{-10}$  кг.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**  
**для экспериментальных работ** применялось оборудование из состава первичного эталона, валидированные методики калибровки встроенных датчиков давления, температуры и влажности. Экспериментально доказано, что повторяемость и воспроизводимость результатов исследования в различных условиях находится в заданных пределах;

**теория** построена на основе достоверных и проверенных данных, которые согласуются с рекомендациями международных метрологических организаций и современными тенденциями научных исследований;

**идея базируется** на обеспечении метрологической прослеживаемости измерений к Государственному первичному эталону с учетом нового определения килограмма через фиксированное численное значение фундаментальной физической константы - постоянной Планка;

**использованы** сравнения полученных в диссертационной работе данных и данных, опубликованных ранее по рассматриваемой тематике, а также результаты зарубежных метрологических институтов;

**установлена** корректность результатов исследований и подтверждения метрологических характеристик эталонов международным сличением и апробацией в ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»;

**использованы** современные методики измерений и обработки результатов измерений, включая методики расчета расширенной неопределенности измерений.

**Личный вклад соискателя состоит** в разработке и внедрении новых научных результатов; в совершенствовании и исследовании государственных рабочих эталонов; в проведении экспериментов и интерпретации результатов; в получении математических моделей передачи единицы массы, включая область дольных и кратных значений килограмма; в разработке проекта актуализированной Государственной поверочной схемы для средств измерений массы; апробации и внедрении результатов исследования и подготовке публикаций по теме диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

не рассмотрены риски, которые могут сопутствовать производству нового эталона в РФ, которые могут касаться технологических и конструкторских аспектов реализации представленной методики измерения;

в материалах диссертации не приведены сведения о взаимосвязи эталона массы и постоянной Планка, составляющих сущность нового переопределения килограмма;

нет краткой и ясной формулировки сущности предложенного автором нового метода передачи единицы массы эталонам-копиям.

Соискатель Каменских Ю.И. 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 массы килограмма ГЭТ 3-2020.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация Каменских Юрия Игоревича 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 массы в стране путем повышения точности передачи единицы массы от Государственного первичного эталона, обеспечения согласованности результатов измерений в условиях вакуума и атмосферного воздуха, и сохранения существующей иерархической системы передачи единицы массы в Российской Федерации.

На заседании 21 июля 2022 г. диссертационный совет принял решение присудить Каменских Ю.И. ученую степень кандидата технических наук.

