

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЕ СОВЕТА 32.1.004.01,
СОЗДАННОЕ НА БАЗЕ ФЕУП «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ И
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ» ФЕДЕРАЛЬНОГО АГЕНТСТВА
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 10.12.2025

протокол № 7

О присуждении **Винге Михаилу Александровичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Совершенствование системы обеспечения единства измерений параметров влажности и конденсации газов» по специальности «2.2.10 - Метрология и метрологическое обеспечение» (технические науки) принята к защите 17 сентября 2023 г. (протокол № 4) диссертационным советом 32.1.004.01, созданным на базе Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» (ФГУП «ВНИИФТРИ») Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, Россия, 141570, Московская область, г. Солнечногорск, пгт. Менделеево, промзона ВНИИФТРИ, корпус 11, утвержденным Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 79/нк от 26.01.2022 г. и Приказами Министерства науки и высшего образования Российской Федерации о внесении изменений в составы диссертационных советов № 859/нк от 12.07.2022 г. и № 1112/нк от 19.11.2024 г.

Соискатель **Винге Михаил Александрович**, 1985 года рождения, в 2007 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный

университет», имеет квалификацию «Радиофизик» по специальности «Радиофизика и электроника». С 2012 года являлся научным сотрудником, а с 2023 года - заместитель начальника отдела физико-технических измерений Восточно-Сибирского филиала ФГУП «ВНИИФТРИ». В 2015 году был назначен ученым-хранителем Государственного первичного эталона ГЭТ 151.

Диссертация на тему «Совершенствование системы обеспечения единства измерений параметров влажности и конденсации газов» по специальности «2.2.10 - Метрология и метрологическое обеспечение» (технические науки) выполнена в Восточно-Сибирском филиале ФГУП «ВНИИФТРИ».

Научный руководитель - Швыдун Владимир Владимирович, доктор технических наук, заместитель генерального директора Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт физико-технических и радиотехнических измерений» по перспективным исследованиям и инновациям.

Официальные оппоненты:

Компан Татьяна Андреевна, доктор технических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник лаборатории теплового расширения и комплексного термического анализа ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», г. Санкт-Петербург;

Барбар Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, технический директор Общества с ограниченной ответственностью «Научно-техническое предприятие «ТКА» (ООО «НТП «ТКА»)), г. Санкт-Петербург,

дали положительные отзывы, в которых указали, что диссертация **соответствует требованиям** пп. 9 - 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а **ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.**

Ведущая организация - Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - Газпром ВНИИГАЗ» (**ООО «Газпром ВНИИГАЗ»**), г. Санкт-Петербург, в своем **положительном отзыве**, подписанном заместителем начальника корпоративного научно-технического центра метрологического обеспечения кандидатом технических наук **Донских Борисом Дмитриевичем** и утвержденном заместителем Генерального директора по стандартизации и метрологии ООО «Газпром ВНИИГАЗ» **Гоготишвили Давидом Мерабовичем**, указала на **актуальность избранной темы**, имеющей ключевое значение для газовой промышленности ввиду непосредственного влияния точности измерений температуры точки росы (ТТР) и температуры конденсации углеводородов (ТКУ) на безопасность, надёжность и экономическую эффективность функционирования Единой системы газоснабжения.

Ведущая организация **отметила**, что проведённая научно-исследовательская работа соответствует ключевым направлениям «Энергетической стратегии России до 2035 года» и задачам национального проекта «Экология» в части повышения эффективности топливно-энергетического комплекса.

Разработанные эталонные генераторы ТТР и ТКУ обеспечивают поверку и испытания российских гигрометров и анализаторов ТКУ в реальных условиях их эксплуатации, предотвращая образование гидратов и конденсата в газопроводах - основных причин нештатных ситуаций, что повышает эксплуатационную надёжность газотранспортной системы и, соответственно, снижает затраты, сокращая объем ремонтных работ.

Внедрение государственного первичного эталона и поверочной схемы для средств измерений ТКУ гарантирует единство измерений параметров качества природного газа, обеспечивает надёжную метрологическую базу при коммерческих операциях хозяйствующих субъектов, что повышает конкурентоспособность российского природного газа на мировом рынке.

Точный контроль ТТР позволяет оптимизировать работу установок промышленной подготовки природного газа, исключая его неполную или избыточную осушку, снижая энергопотребление и эксплуатационные расходы.

Работа М.А. Винге создаёт метрологическую основу для эффективной реализации планов отечественной газовой и нефтяной промышленности, способствуя повышению безопасности, экономической эффективности и технологической независимости нефтегазовой отрасли.

Ведущая организация также **отметила, что результаты диссертации обладают научной новизной**, к которой относит следующее:

1. Впервые предложен и реализован принципиально новый способ насыщения и конструкция моноблочного тепло-массообменного устройства комбинированного типа для сверхнизкого диапазона значений температуры точки росы. Объединение процессов сепарации и сатурации в едином устройстве позволило взаимно компенсировать эффекты неполной конденсации и неполного насыщения и достичь существенного снижения неопределенности воспроизведения ТТР в ранее недоступном диапазоне значений температуры точки росы до минус 120 °С.

2. Впервые предложен и реализован каскадный способ насыщения газа при высоких давлениях. Разработанный двухкаскадный способ насыщения, сочетающий дробление газового потока в слое мелкодисперсного вещества и высокоточную термостабилизацию в многокамерном сатураторе, позволил преодолеть ограничение, связанное с резким падением эффективности насыщения при давлениях до 30 МПа.

3. Предложен и реализован новый алгоритм комбинированного метода воспроизведения относительной влажности, сочетающий известные принципы двух давлений и двух температур. Данное решение позволило расширить диапазон воспроизведения и передачи единицы относительной влажности до предельных значений (0 % и 100 %) без изменения аппаратного состава Государственного первичного эталона ГЭТ 151-2020.

Значимость для науки результатов исследований заключается в создании новых научно-обоснованных методов и технических решений, преодолевающих существовавшие ранее ограничения в области измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов на эталонном уровне.

Практическая ценность работы, по оценке ведущей организации, заключается в комплексном решении проблемы метрологического обеспечения измерений ТТР и ТКУ, являющихся технологически значимыми параметрами качества природного газа.

Разработанные эталонные генераторы ТТР и ТКУ внедрены в состав Государственного первичного эталона ГЭТ 151-2020 и аттестованы в его составе, что подтверждается соответствующими приказами Росстандарта. На основе результатов диссертации разработана и утверждена новая Государственная поверочная схема (ГПС) для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов, впервые устанавливающая прямую метрологическую прослеживаемость для средств измерений ТКУ к Государственному первичному эталону.

Результаты работы имеют высокую значимость для нефтегазовой отрасли, обеспечивая:

- повышение эксплуатационной надежности и безопасности объектов газотранспортной системы;
- оптимизацию затрат на осушку и подготовку природного газа;
- повышение достоверности коммерческого учета природного газа.

Ведущая организация считает, что **результаты диссертационной работы целесообразно применять** для совершенствования и актуализации нормативной документации, в частности — для повышения требований к методикам поверки и калибровки средств измерений ТТР и ТКУ с целью приближения условий поверки и калибровки к реальным эксплуатационным параметрам.

Важным направлением внедрения является использование результатов исследований при актуализации технологических регламентов на объектах добычи, подготовки и транспортирования природного газа. Это позволит оптимизировать технологические процессы и повысить эффективность и безопасность производства.

Перспективным представляется организация серийного производства генераторов, созданных на основе разработанных соискателем технических решений. Реализация этого направления обеспечит потребности ведомственных и заводских метрологических служб в современном оборудовании, соответствующем требованиям нормативных документов.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений диссертационной работы, по оценке ведущей организации, обеспечивается комплексной методологией исследований, сочетающей фундаментальный теоретический анализ с экспериментальной проверкой технических решений, а также строгой метрологической оценкой неопределенностей в соответствии с международными стандартами.

Обоснованность научных положений подтверждается успешной апробацией разработок в рамках международных сличений национальных эталонов, установивших соответствие характеристик ГЭТ 151-2020 в составе с разработанными генераторами мировому уровню. Важным доказательством надежности результатов является их практическое внедрение - разработки введены в состав Государственного первичного эталона ГЭТ 151-2020 и легли в основу новой Государственной поверочной схемы.

Признание научной ценности работы выражается в публикации результатов в рецензируемых журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, а также в их представлении на авторитетных международных конференциях. Таким образом, достоверность научных положений работы обеспечена всесторонними экспериментальными исследованиями, а их обоснованность подтверждается как теоретическим анализом, так и успешной практической реализацией.

В отзыве ведущей организации имеются также замечания:

1. Не в полной мере раскрыты вопросы, связанные с воспроизведением ТКУ разработанными генераторами при работе с реальными (многокомпонентными) природными газами.
2. При вычислении неопределенности ТКУ не учтен вклад неопределенности от возможного изменения компонентного состава газовой смеси.
3. Отсутствуют предложения по созданию автономных мобильных версий генераторов ТКУ для проведения проверок непосредственно на объектах нефтегазовой отрасли в полевых условиях.
4. В диссертационной работе исследована составляющая неопределенности воспроизведения ТКУ, связанная с погрешностью измерения перепада давления между сатуратором и измерительной камерой анализатора. Данная погрешность рассчитана на основе метрологических характеристик применяемых средств измерения давления. Вместе с тем, следует отметить, что в работе не учтен возможный дополнительный перепад давления, возникающий в соединительных газовых линиях, подводящих к измерителям давления. Данный фактор может оказывать влияние на точность определения поправки ТКУ.
5. Для расчёта воспроизводимых значений ТТР и ТКУ используется программное обеспечение, разработанное в ходе выполнения диссертационной работы. В связи со сложностью вычислительных алгоритмов необходима дополнительная валидация программного обеспечения путём сравнения результатов вычислений с данными, полученными независимыми методами, во всем диапазоне влияющих физических величин.
6. Недостаточно детально раскрыта тема оптимизации выбора высококипящих углеводородных компонентов для воспроизведения единицы температуры конденсации углеводородов на основе анализа характера поведения и термодинамических свойств данных компонентов на линии насыщения (двухфазного равновесия жидкость - пар).

Ведущая организация отмечает, что указанные замечания не снижают научную и практическую ценность результатов, полученных автором диссертационной работы.

Ведущая организация делает вывод, что в целом диссертационная работа **Винге Михаила Александровича** представляет собой завершённое научное исследование, в котором решена важная научная задача обеспечения единства измерений параметров влажности и конденсационных свойств газов. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне, соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 - Метрология и метрологическое обеспечение.

Соискатель имеет 18 опубликованных научных работ по теме диссертации, из них в рекомендованных ВАК рецензируемых изданиях опубликовано 5 работ:

1. Винге А.Ф., Винге М.А., Егоров В.Н., Подмурная О.А. Государственный первичный эталон единиц относительной влажности газов, молярной (объемной) доли влаги, температуры точки росы/иней ГЭТ 151-2014. Измерительная техника. 2016. № 7. С. 3-8.

Переводная версия: Утџе А.Р., Утџе М.А., Еџогоу У.И., Роџтигпауа О.А. ПаПопа1 рптагу з1апс1агс1 Гог Фе ипйз оГгел1аНуе ЫгшсШу оГџазез, то1аг (уо1ите) ГгасПоп оГто1з1:иге, апё беш/Ггоз! рот! ФтрегаШге, ОЕТ 151-2014. Меазигешеп! Тесџияиез. 2016. Т. 59. № 7. С. 1-8.

2. Анашко А.А., Винге А.Ф., Винге М.А., Морозов С.А. Метрологические возможности государственного первичного эталона единиц относительной влажности газов, молярной (объёмной) доли влаги, температуры точки росы/иней ГЭТ 151-2014. Измерительная техника. 2017. № 2. С. 3-6.

Переводная версия: Апазџко А.А., УФџе А.Г., Утџе М.А., Могогоу 8.А. Ме1го1оџ1са1 сараЫИПез оГ Фе паПопа1 рптагу зФпёагё Гог Фе ипПз оГ гел1айуе ЫтШДу оГ џазез, то1аг (уо1ите) ГгасПоп оГ то1зФге, апб ФтрегаШге оГ Фе

сle\y/:Гго51 рот!, ОЕТ 151-2014. Меазигетеп! ТесЬшяиез. 2017. Т. 60. №2. С. 103.

3. Винге М.А., Винге А.Ф., Морозов С.А, Скрыбиков Н.П. Информационно-измерительный комплекс передачи размера единиц влажности газов в режиме удаленного доступа. Альманах современной метрологии. 2017. № 12. С. 74 - 80.

4. Анашко А.А., Винге А.Ф., Винге М.А., Морозов С.А. Содержание, применение и перспективы развития Государственного первичного эталона единиц относительной влажности газов, молярной (объёмной) доли влаги, температуры точки росы/инея ГЭТ 151-2014. Альманах современной метрологии. 2017. № 12. С. 81 - 91.

5. Винге М.А., Морозов С.А. Государственный первичный эталон единиц относительной влажности газов, молярной (объёмной) доли влаги, температуры точки росы/инея, температуры конденсации углеводородов ГЭТ 151-2020. Измерительная техника. 2022. № 10. С. 3-10.

Переводная версия: У1пђе М.А., Могогоу 8.А. §!а!е рптагу з!апс!агс1 оГ ге!абуе ЫштсШу о!" §азез, то!аг (уо!ите) Ггасбоп оГ то!з!иге, ёе\у/Ггоз! рот! !етрега!иге, ЫубгосагЪоп сопёепзаЕоп !етрега!иге иш!з ОЕТ 151-2020. Меазигетеп! ТесЫ^иез. 2023. Т. 65. № 10. С. 703-711.

1 патент на полезную модель:

1. Генератор влажного газа: Патент на полезную модель КП 189 336 Ш, /Анашко А.А., Винге А.Ф., Винге М.А., Морозов С.А.; заявл. 27.12.2018 г., опубл. 21.05.2019 г., Бюл. № 15.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от официальных оппонентов и специалистов 10 организаций, **все отзывы положительные.**

В положительном отзыве официального оппонента Компан Татьяны Андреевны, доктора технических наук, старшего научного сотрудника, главного научного сотрудника лаборатории теплового расширения и термического анализа ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» **имеются следующие замечания и рекомендации:**

1. При формулировании частных научных задач автор говорит о «расширении числа единиц величин». Какие новые величины и единицы величин были предложены? Или речь идет об одной величине - влажности? При формулировании Предмета исследований указаны «СИ величин влажности». Уточнить, о чем идет речь: о разных величинах или о разных единицах измерения влажности?

2. При формулировании «объекта исследования» указана «система обеспечения единства измерений единиц величин». Определение единицы величины является необходимым условием создания системы обеспечения единства измерений. Что понимается под обеспечением единства измерений единиц?

3. Формула (1.13) требует пояснения. Для выражения чего используется вириальное разложение, в чем проявились особенности описываемой задачи? Как далее это разложение использовалось в работе, в дальнейших вычислениях?

4. При оценивании неопределенности результата измерения первым шагом является запись модели измерения (уравнения измерений), которая используется для получения значения измеряемой величины. Это может быть иерархическая модель, где выходные величины для одной модели являются входными величинами для следующей модели. Также эти модели могут быть заданы как в явном, так и в неявном виде. Было бы целесообразно указание модели измерений для формулы (3.2) расчета неопределенности.

5. Во второй главе указано, что влияние составляющей неопределенности воспроизведения ТТР, обусловленной нестабильностью влажности парогазовой смеси на входе в ТМОУ не выявлено. Однако результаты исследований, на которые ссылается автор (зависимость воспроизводимого значения ТТР от расхода парогазовой смеси через ТМОУ) это утверждение не подтверждают.

6. Во второй и третьей главах не рассмотрена составляющая неопределенности, связанная с отличием давлений между точками измерения

и установки измерителя давления. В случае динамического процесса протекания газа в системе генератора эта составляющая может иметь ощутимый вклад.

7. Каким, конкретно, образом результаты исследований, полученные диссертантом, были подтверждены сличениями в общих диапазонах воспроизведения ТТР разработанных генераторов с ГПЭ, который принимал участие в международных ключевых сличениях ССТ-К6 и ССТ-К8?

Общий вывод официального оппонента Компан Т.А.:

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов и не влияют на общую положительную оценку диссертационного исследования. Диссертационная работа Винге Михаила Александровича, «Совершенствование системы обеспечения единства измерений параметров влажности и конденсации газов», является законченной научной квалификационной работой по актуальной тематике. В диссертации содержится решение задачи обеспечения метрологической прослеживаемости результатов измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов к Государственному первичному эталону, что имеет существенное значение для развития гигрометрии в Российской Федерации. По критериям актуальности, научной новизны, обоснованности и достоверности выводов диссертация соответствует требованиям, которые установлены «Положением о порядке присуждения ученых степеней...», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, а диссертант Винге Михаил Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 - «Метрология и метрологическое обеспечение».

В положительном отзыве официального оппонента Барбара Юрия Алексеевича, кандидата технических наук, технического директора ООО «Научно - техническое предприятие «ТКА» **имеются следующие замечания (рекомендации):**

1. В работе отсутствует сравнительный анализ неопределенностей воспроизведения разработанных генераторов с аналогичными зарубежными эталонными установками (КРЬ, РТВ, №8Т) в полном диапазоне измерений.

2. Автором не рассмотрены вопросы возможности использования предлагаемых методов воспроизведения при проектировании вторичных и рабочих эталонов.

Вывод официального оппонента Барбара Ю.А.:

- указанные недостатки не снижают полноту и значимость полученных автором научных и практических результатов.

- диссертация Винге М.А. является законченным исследованием и представляет решение актуальных задач в области совершенствования системы обеспечения единства измерений параметров влажности и конденсации газов. В работе использована основная литература по теме исследования, проанализирован большой объем вспомогательной информации. Материал работы изложен понятным языком, решаемая научная задача обоснована и актуальна, разработки и исследования обладают научной новизной, результаты исследований востребованы практикой. Диссертационную работу отличает сочетание теоретической и прикладной направленности. Выводы, рекомендации и вынесенные на защиту основные положения достаточно обоснованы. Диссертация изложена логично и последовательно;

- диссертационная работа, автореферат и опубликованные М.А. Винге работы достаточно полно отражают основное содержание диссертации и положительно характеризуют проведенные автором исследования.

Уровень решаемых задач соответствует требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Содержание диссертации соответствует специальности 2.2.10: «Метрология и метрологическое обеспечение». **Диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней»,** утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым

к кандидатским диссертациям, а ее автор **Винге Михаил Александрович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 - Метрология и метрологическое обеспечение (технические науки).

На автореферат поступили **отзывы специалистов из 10 организаций, все отзывы положительные**, в отзывах имеются вопросы и замечания:

1. от ведущего научного сотрудника отдела метрологии центра стандартизации и испытаний, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника Быканова Владимира Васильевича (ФГБУ «ВНИИР», г. Мытищи):

В автореферате не приведена долговременная стабильность характеристик предложенных каскадных сатураторов при непрерывной работе в условиях высокого давления (до 30 МПа).

2. от кандидата технических наук, директора департамента качества газа Селезнева Сергея Викторовича (ООО «НПО «Вымпел», г. Дедовск):

В автореферате не отражены практические ограничения по расходу газа через разработанные генераторы. Этот параметр важен, так как некоторые средства измерений требуют большого (вплоть до 2 л/мин) расхода рабочего газа через измерительную камеру.

3. от кандидата физико-математических наук, доцента, члена-корреспондента Метрологической академии, доцента кафедры радиоэлектроники и телекоммуникационных систем Иванова Николая Аркадьевича (ФГБОУ ВО «ИрННТУ», г. Иркутск):

Требуется уточнения возможность применения разработанных методов для калибровки гигрометров различных типов (емкостных, оптических, резистивных) в полном диапазоне относительной влажности.

4. от кандидата физико-математических наук, начальника отдела физико-химических измерений и оптико-физических измерений Смысловой Татьяны Николаевны (ФБУ «Нижегородский ЦСМ», г. Нижний Новгород):

Разработанная ГПС предусматривает использование метода косвенных измерений. Не указана дополнительная неопределенность, вносимая этим методом.

5. от кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой станков и инструментов Чуйкова Сергея Сергеевича (ФГБОУ ВО «ТИУ», г. Тюмень).:

Недостаточные размеры, а также несоразмерность элементов графических рисунков, затрудняющие восприятие представленных изображений и зависимостей.

6. от кандидата технических наук, начальника отдела 134 Шептунова Бориса Васильевича (АО «ОКБ «Аэрокосмические системы», г. Дубна):

В автореферате подробно описаны аппаратные решения, но менее детально раскрыты алгоритмы управления и программное обеспечение, разработанные автором.

7. от генерального директора ООО «ЦТО «Газаналитика» Ивченко Юрия Александровича (г. Долгопрудный):

При описании комбинированного метода расширения диапазона относительной влажности следовало бы более детально представить блок-схему алгоритма управления двумя генераторами и оценить увеличение времени проведения калибровочных процедур по сравнению со штатным методом.

8. от директора Западно-Сибирского филиала ФГУП «ВНИИФТРИ» Шувалова Геннадия Владимировича (ВСФ ФГУП «ВНИИФТРИ», г. Новосибирск):

- в автореферате представлены результаты сличений разработанных генераторов с ГЭТ 151, которые показали расхождения в пределах погрешности компаратора. Однако было бы полезно видеть более детальную информацию о процедуре и условиях этих сличений, особенно для генератора высокого давления, учитывая новизну его конструкции;

упомянутый комбинированный метод расширения диапазона относительной влажности является перспективным решением. Однако, не описана длительность переходных процессов при установлении нового значения влажности, особенно вблизи 0 % и 100 % с целью понимания возможных ограничений на практическое применение метода при поверке/калибровки конкретных типов гигрометров.

В целом авторы отзывов заключают, что автореферат достаточно хорошо и полно освещает поставленные перед диссертантом задачи, методы их решения и достигнутые им результаты, представленная диссертационная работа является законченной научно-квалификационной работой и соответствует всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, а автор работы - Винге М.А. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их известностью, компетентностью, авторитетом и наличием публикаций в научно-техническом направлении, к которому относится диссертация Винге М.А., а также способностью однозначно определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. Разработана моноблочная конструкция тепло-массообменного устройства генератора влажного газа, отличающаяся объединёнными процессами сепарации и насыщения газа влагой, что позволяет воспроизводить температуру точки росы/инея в диапазоне от минус 120 °С до 0 °С с суммарной стандартной неопределенностью не более 0,06 °С.

2. Разработана каскадная комбинированная конструкция тепло-массообменного устройства высокого давления с эффективностью насыщения более 99,95 % и минимизированными градиентами температуры (менее 0,03 °С), что позволяет воспроизводить ТТР и ТКУ в диапазоне значений от минус 60 °С до плюс 30 °С при давлении газа от атмосферного до 30 МПа с

суммарной стандартной неопределенностью не более 0,06 °C и 0,09 °C соответственно.

3. Реализация комбинированного метода воспроизведения относительной влажности за счет изменения алгоритма приготовления газовой смеси в штатных эталонных генераторах ГПЭ позволяет расширить диапазон относительной влажности, в котором передаётся единица, до предельных значений с расширенной неопределенностью передачи не более 0,3 %.

Научная новизна полученных в работе результатов заключается в следующем:

1. Впервые предложен способ насыщения и реализована конструкция тепло-массообменного устройства, отличающиеся объединением процессов сепарации и сатурации влаги в едином устройстве, что позволило снизить неопределенность воспроизведения ТТР в сверхнизкой части диапазона.

2. Впервые предложен каскадный способ насыщения газа, отличающийся дроблением пузырьков газа через кристаллическое мелкодисперсное вещество в первом каскаде и многокамерной конструкцией сатуратора во втором, что позволило реализовать эффективное насыщение газа влагой при высоких давлениях и уменьшить составляющую неопределенности, связанную с недонасыщением.

3. Впервые предложен алгоритм приготовления газовой смеси с использованием двух генераторов из состава Государственного первичного эталона, позволивший реализовать метод двух давлений и двух температур при воспроизведении относительной влажности и обеспечить с оценённой неопределённостью воспроизведение значений, близких к предельным границам диапазона относительной влажности.

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

1. Разработанные воздушный низкотемпературный термостат и тепло-массообменное устройство с высокой теплопроводностью и теплоемкостью, отличающиеся минимизированными градиентами температуры, позволили расширить диапазон воспроизведения ТТР ГЭТ 151 до минус 120 °С.

2. Разработанный многокамерный сатуратор барботажного типа, отличающийся повышенной теплопроводностью и прочностью конструкции, в совокупности с сатураторами повышенной производительности позволили реализовать воспроизведение ТТР при давлениях до 30 МПа.

3. Обеспечена метрологическая прослеживаемость СИ ТКУ к ГЭТ 151.

4. Расширен диапазон относительной влажности (до предельных значений 0 % и 100 %), в котором передаётся единица от ГПЭ с штатным комплектом оборудования ГЭТ 151, за счёт комбинации методов воспроизведения относительной влажности без дополнительных материальных затрат, разработана методика калибровки гигрометров в полном диапазоне относительной влажности.

Результаты работы внедрены в Восточно-Сибирском филиале ФГУП «ВНИИФТРИ», что подтверждено актом реализации (внедрения) следующих результатов диссертационной работы:

- результаты, полученные при разработке тепло-массообменного устройства высокого давления, использованы при изготовлении генератора влажного газа высокого давления «МСВД». Указанный генератор успешно применяется в Восточно-Сибирском филиале ФГУП «ВНИИФТРИ» для поверки и калибровки средств измерений при высоких давлениях рабочей газовой среды;

- расширение диапазона воспроизведения относительной влажности Государственным первичным эталоном ГЭТ 151 позволило осуществлять испытания в целях утверждения типа средств измерений относительной влажности в полном диапазоне их измерений;

- полученные результаты позволили расширить область аккредитации на выполнение поверки и испытаний в целях утверждения типа средств измерений относительной влажности.

Результаты работы внедрены в ФБУ «Нижегородский ЦСМ», что подтверждено актом реализации (внедрения), результаты диссертационной работы использованы в части новой каскадной комбинированной конструкции тепло-массообменного устройства применены в генераторе влажного газа эталонном «Сарма», ГР 77256-20, разработанном по заказу ФБУ «Нижегородский ЦСМ». Указанный генератор успешно применяется в ФБУ «Нижегородский ЦСМ» в качестве вторичного эталона для передачи единиц относительной влажности, температуры точки росы, объемной доли влаги эталонам и средствам измерений.

Полученные в ходе диссертационного исследования результаты позволили расширить область аккредитации ФБУ «Нижегородский ЦСМ» на выполнение поверки и калибровки средств измерений.

Результаты работы внедрены в ООО «НПК «МИКРОФОР», что подтверждено актом о внедрении результатов диссертационной работы.

Реализованный комбинированный метод воспроизведения относительной влажности за счет изменения алгоритма приготовления газовой смеси в штатных эталонных генераторах ГЭТ 151-2020 применен при испытаниях следующих средств измерений, изготавливаемых ООО «НПК «МИКРОФОР»:

- Генераторы влажного газа эталонные «Сухолей», ГР № 80277-20;
- Термогигрометры ИВА-6, ГР № 46434-11;
- Преобразователи измерительные влажности и температуры ДВ2ГР, №25948-11.

Полученные результаты позволили обеспечить метрологическую прослеживаемость средств измерений производства

ООО НПК «МИКРОФОР» к Государственному первичному эталону ГЭТ 151 во всем диапазоне их измерений.

Достоверность результатов исследования. Полученные результаты подтверждены сличением в общих диапазонах воспроизведения ТТР разработанных генераторов с ГПЭ, который принимал участие в международных ключевых сличениях ССТ-К6 и ССТ-К8 в рамках Международного Бюро Мер и Весов (BIPM) и в двухсторонних международных сличениях в рамках KOOMET.

Результаты проведенных автором исследований реализованы в виде созданных средств измерений, испытательного оборудования, методик испытаний и подтверждены актами внедрения от ФБУ «Нижегородский ЦСМ», Восточно-Сибирского филиала ФГУП «ВНИИФТРИ» и ООО НПК «МИКРОФОР», а также патентом на полезную модель.

Личный вклад автора

Все научные положения, выносимые на защиту, и результаты, приведенные в диссертационной работе, получены автором лично или при его решающем участии. Личный вклад автора заключается в, обосновании и разработке состава, устройства, газовых и электрических схем низкотемпературного эталонного генератора ТТР и эталонных генераторов ТТР и ТКУ высокого давления; поиске и разработке технических решений, применённых в конструкции блоков генераторов, разработке алгоритма работы автоматизированной системы управления эталонными генераторами, их программного обеспечения и Государственного первичного эталона в целом; в выполнении теоретических расчетов неопределенности воспроизведения ТТР и ТКУ и экспериментальных исследованиях характеристик разработанных эталонных генераторов и в разработке Государственной поверочной схемы для СИ влажности газов и ТКУ.

Автор подготовил связанные с работой публикации и провел апробацию результатов на различных научно-практических конференциях.

В ходе защиты диссертации соискатель Винге М.А. согласился с большинством замечаний и рекомендаций, изложенных ведущей организацией, оппонентами и в отзывах специалистов, ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, привел обоснованные аргументы по ряду замечаний.

На заседании 10 декабря 2025 г. диссертационный совет пришёл к выводу, что диссертационная работа Винге М.А. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, посвящённую решению актуальной научной задачи устранения несоответствия системы обеспечения единства измерений влажности газов и ТКУ современным требованиям научно-технологического развития РФ, и отвечающую критериям, которые установлены Постановлением Правительства Российской Федерации «О порядке присуждения учёных степеней», утверждённым от 24 сентября 2013 г. № 842.

За решение актуальной научной задачи по совершенствованию системы обеспечения единства измерений параметров влажности и конденсации газов Диссертационный совет 32.1.004.01 принял решение присудить Винге Михаилу Александровичу учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве **14** человек, из них **9** докторов наук по специальности диссертации, участвовавших в заседании, из **16** человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» - **14**, «против» - **нет**, недействительных



Председатель диссертационного совета

М.П.

Учёный секретарь диссертационного совета

А.Н. Щипунов

М.В. Балаханов

« 10 » декабря 2025 г.