



Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ»
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель Генерального директора
по стандартизации и метрологии
ООО «Газпром ВНИИГАЗ»



Д.М. Гоготишвили

11 » 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

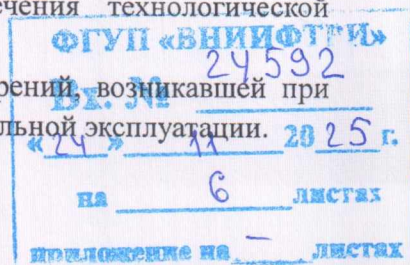
на диссертационную работу Винге Михаила Александровича
«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА
ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ВЛАЖНОСТИ И КОНДЕНСАЦИИ ГАЗОВ»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение»

1. Актуальность избранной темы

Обеспечение единства и достоверности измерений параметров влажности и конденсации газов представляет собой актуальную научно-техническую задачу, имеющую ключевое значение для газовой промышленности. Актуальность темы определяется непосредственным влиянием точности измерений температуры точки росы (ТТР) и температуры конденсации углеводородов (ТКУ), на безопасность, надежность и экономическую эффективность функционирования Единой системы газоснабжения.

Актуальность темы работы обусловлена необходимостью решения следующих задач:

- повышение безопасности и предотвращение нештатных ситуаций при подготовке, транспортировании и переработке газа за счет точного и достоверного контроля температуры точки росы при рабочем (до 25 МПа) давлении анализируемого газа;
- обеспечение точности коммерческого учета и разрешения спорных ситуаций между поставщиками и потребителями природного газа;
- создание отечественной эталонной базы для обеспечения технологической независимости в области технологически значимых измерений;
- решение проблемы расхождения показаний средств измерений, возникшей при калибровке и поверке в условиях, не соответствующих условиям реальной эксплуатации.



2. Связь с планами соответствующих отраслей науки и народного хозяйства

Проведённая научно-исследовательская работа соответствует ключевым направлениям «Энергетической стратегии России до 2035 года» и задач 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. Это повышает эксплуатационную надёжность газотранспортной системы и, соответственно снижает затраты, сокращая объем ремонтных работ.

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

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

3. Научная новизна исследований и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научную новизну работы определяют следующие полученные соискателем результаты:

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.

4. Научная и практическая значимость работы

Практическая значимость работы 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.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы

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.

6. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений диссертационной работы

Научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы достаточно достоверны и обоснованны. Достоверность результатов работы 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.

Таким образом, достоверность научных положений работы обеспечена всесторонними экспериментальными исследованиями, а их обоснованность подтверждается как теоретическим анализом, так и успешной практической реализацией.

7. Оценка содержания и завершённости диссертации

Диссертационное исследование представляет собой целостную и логически завершённую работу, в которой комплексно решена актуальная научно-техническая проблема. Исследования отличаются продуманной структурой – от анализа проблемы через разработку новых научных подходов к практической реализации и нормативному закреплению результатов работы.

Глубину проработки темы отражает сочетание теоретического моделирования физических процессов с детальным метрологическим анализом и разработкой нормативной документации. Работа обладает всеми признаками завершённости: созданные эталонные генераторы внедрены в состав Государственного первичного эталона, разработана и утверждена Государственная поверочная схема, получен патент и реализовано производственное внедрение результатов.

Все поставленные задачи решены, а научные положения, выносимые на защиту, получили полное экспериментальное подтверждение. Диссертация представляет собой комплексное научно-техническое решение важной прикладной задачи.

8. Замечания

1. Не в полной мере раскрыты вопросы, связанные с воспроизведением ТКУ разработанными генераторами при работе с реальными (многокомпонентными) природными газами.

2. При вычислении неопределённости ТКУ не учтен вклад неопределённости 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 неопределённости 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).

Предложения дальнейших исследований:

1. Расширить программу экспериментальных исследований с использованием многокомпонентных газовых смесей – имитаторов природного газа.

2. Разработать методику оценки неопределённости генераторов при работе с реальными

природными газами.

Указанные замечания не снижают научную и практическую ценность результатов, полученных автором диссертационной работы.

9. Соответствие автореферата основным положениям диссертации

Анализ представленного автореферата подтверждает его полное соответствие основному содержанию диссертационной работы. Автореферат точно и последовательно отражает все ключевые элементы исследования.

В первой главе представлен анализ методов измерений, обоснован выбор метода фазового равновесия и приведены математические модели, ставшие теоретической основой для представленных в диссертации разработок.

Последующие главы детально раскрывают научные результаты:

- разработку моноблочного ТМОУ для низкотемпературного генератора;
- создание генераторов ТТР и ТКУ для высокого (до 30 МПа) давления рабочей среды;
- применение комбинированного метода для расширения диапазона воспроизведения единицы измерения относительной влажности.

Особое внимание уделено практическим результатам – созданию Государственной поверочной схемы, ставшей итоговым результатом всех реализованных разработок.

10. Подтверждение опубликованных основных результатов диссертации в научной печати

Все основные научные и практические результаты подтверждены публикациями в 5 рецензируемых ВАК научных журналах и 4 изданиях, индексируемых в WoS и Scopus. На предложенные в работе технические решения получен патент на полезную модель № RU 189 336 U1 Роспатента, а достоверность проведенных исследований подтверждается отчетами международных сличений Национальных эталонов (ССТ-К6, СООМЕТ.Т-К6.1). Практические результаты работы подтверждены актами внедрения (Восточно-Сибирский филиал ФГУП «ВНИИФТРИ», ООО «НПК «МИКРОФОР»), утвержденными методиками калибровки (МК 06-04-2020, МК 06-05-2020) и нормативными документами (Государственная поверочная схема для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов, утвержденная приказом Росстандарта № 2415 от 21.11.2023).

11. Заключение

Диссертация М.А. Винге представляет собой завершенное научное исследование, выполненное на высоком современном научно-техническом уровне, в котором на основании выполненных автором исследований решена важная научная задача обеспечения единства измерений параметров влажности и конденсационных свойств газов.

Диссертационная работа Винге Михаила Александровича «Совершенствование системы обеспечения единства измерений параметров влажности и конденсации газов» отвечает паспорту специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение и требованиям п. 9 «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.

Автор диссертационной работы Винге Михаил Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.10 «Метрология и метрологическое обеспечение».

Отзыв составлен на основе обсуждения диссертационной работы М.А. Винге на расширенном заседании Корпоративного научно-технического центра метрологического обеспечения и секции «Управление качеством в газовой промышленности» Ученого совета ООО «Газпром ВНИИГАЗ», протокол заседания № 4 от «17» ноября 2025 г.

Голосование: «за» - 17, «против» - 0, «воздержался» - 0.

Донских Борис Дмитриевич

кандидат технических наук

заместитель начальника корпоративного научно-технического центра метрологического обеспечения ООО «Газпром ВНИИГАЗ»

Я, Донских Борис Дмитриевич, даю согласие на использование моих персональных данных в документах, связанных с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку



Б.Д. Донских

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий – Газпром ВНИИГАЗ», 195112, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Малая Охта, пр-кт Малоохтинский, д. 45, литера А, помещ. 2-Н, офис 812

Телефон: +7(498)657-47-83

E-mail: B_Donskikh@vniigaz.gazprom.ru

Подпись к.т.н. Донских Б.Д.

удостоверяю:

*Зам. начальника
отдела*



Володина Е.В.