

В диссертационный совет 32.1.001.01  
при ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский  
институт метрологии им. Д.И. Менделеева»

**ОТЗЫВ**  
**на автореферат диссертации**

Колобовой Анны Викторовны на тему  
«Развитие системы метрологического обеспечения промышленного производства  
больших объемов стандартных образцов состава газовых смесей,  
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук  
по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение

Диссертационная работа Колобовой А.В. посвящена актуальной и важной проблемой метрологического обеспечения промышленного производства стандартных образцов состава газовых смесей (СО ГС) в больших объемах. В современных условиях расширения научно-технических и промышленных задач в области газоаналитики, экологии, медицины и безопасности резко увеличиваются требования к качеству и достоверности газоаналитических измерений. Поэтому организация и развитие высокоточного метрологического обеспечения выпуска СО ГС является ключевым фактором обеспечения единства и точности измерений в соответствующих областях.

Автором выполнен полный всесторонний анализ существующего состояния метрологической инфраструктуры по изготовлению и сертификации СО ГС в России, выявлены существенные пробелы и ограничения, связанные с устаревшей эталонной базой и недостаточной производственной мощностью по выпуску необходимых типов и объемов стандартизированных газовых смесей. Эти обстоятельства обусловили постановку конкретной научной цели и комплекса задач, направленных на создание и внедрение нового поколения Государственного первичного эталона, совершенствование физико-математических моделей воспроизведения единиц содержания компонентов, методов передачи метрологических единиц и аттестации эталонных установок.



Среди значимых результатов диссертационной работы Колобовой А.В. следует отметить:

Во-первых, предложенные улучшенные физико-математические модели оптимизируют многостепенное гравиметрическое приготовление газовых смесей, что позволяет расширить диапазон молярных долей от  $1,5 \cdot 10^{-8} \%$  до  $99,99999 \%$  и снизить относительную расширенную неопределённость до  $3,3 \cdot 10^{-6} \%$ . Это резко повышает качество эталонной базы и открывает новые границы точных газоаналитических измерений.

Во-вторых, созданный Государственный первичный эталон (ГЭТ 154-2019) и программный комплекс GasGravi формируют целостную научно-техническую платформу для воспроизведения, передачи и контроля единиц состава газовых смесей. Данное решение устраняет существенные ограничения прежних эталонных установок и удовлетворяет растущие потребности промышленных предприятий, экологических служб, медицинских лабораторий и научно-исследовательских организаций.

В-третьих, новаторские методы удалённой аттестации эталонных установок на основе цифровых спектральных моделей ИК-Фурье спектрометров позволяют исключить транспортировку опасных баллонов, что повышает безопасность, снижает логистические издержки и расширяет географию метрологического обеспечения.

В-четвёртых, разработанные алгоритмы выходного контроля метрологических характеристик с использованием специализированных многокомпонентных газовых смесей обеспечивают оперативный контроль до 80 000 образцов в год. Это существенно повышает надёжность массовых партий стандартных образцов и снижает ресурсоёмкость контрольных процедур.

Новизна диссертационной работы Колобовой А.В. подтверждается следующими результатами:

- интеграция ступенчатого метода приготовления газовых смесей с верификацией на каждой стадии, включая учёт пассивации баллонов и химической сорбции, впервые позволяет количественно связывать неопределённости на всех этапах подготовки смеси;

- алгоритм комплексной верификации стабильности воспроизведения единиц содержания, реализованный в программном обеспечении GasGravi, сокращает трудоёмкость контроля в два раза и формирует новый стандарт метрологической практики;

- физико-математическая модель передачи единицы молярной доли от Государственного первичного эталона (ГПЭ) к эталонной установке предприятий-

изготовителей на основе «контрольных» стандартных образцов чистого газа 0-го разряда исключает необходимость «технологических» транспортируемых эталонов;

~ метод цифровой спектральной аттестации эталонных установок на базе ИК-Фурье спектрометров и передача спектральных моделей по сети Интернет впервые обеспечивает удалённую аттестацию без перемещения баллонов;

~ алгоритмы имитации выходного контроля с использованием двух специализированных многокомпонентных образцов для группы инертных и постоянных газов — уникальное решение для обеспечения консистентной массовых выпусков ГОСТ-стандартов.

В рамках рекомендаций по использованию результатов работы, представленных в автореферате, а также по продолжению исследований предлагаем несколько вариантов:

1) ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»: полная интеграция предложенных моделей и программного обеспечения GasGravi в штатную работу Государственного первичного эталона, расширение международных сличений по новым группам газовых смесей (коротко- и длинноцепочечные углеводороды, экологически значимые примеси).

2) Предприятиям-изготовителям стандартных образцов газовых смесей (ООО «Завод ГАЗСИНТЕЗ», ООО «НПП «ГазоАналит») следует внедрить метод ступенчатого приготовления с верификацией и цифровые спектральные модели для модернизации вторичных эталонов и обеспечения собственных лабораторий удалённой аттестацией.

3) Научным коллективам химико-аналитического профиля (ФГУП «УНИИМ», ФИЦ ПХФ и МХ РАН) рекомендовано развить цифровые алгоритмы обработки спектров ИК-Фурье, расширить спектральные библиотеки на новые группы химически активных и полярных газов.

4) Экологические службы (ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области», АНО «Экологический Мониторинг Окружающей Среды», ФГИС «Экомониторинг») могут внедрить готовые стандартные образцы 0-разряда для быстрого контроля ПДК вредных веществ на рабочих местах и в атмосферном воздухе.

5) Международным организациям метрологии (ССQM, КОOMET) рекомендуется использовать разработанные цифровые модели в качестве эталонных цифровых ссылок при организации сетевых сличений с цифровой обратной связью и сравнительным анализом спектральных данных.

Среди незначительных недостатков, не снижающих значимость проведенных автором исследований и полученных результатов, можно отметить следующее:

в дискуссионных разделах не в полной мере раскрыты ограничения применения цифровых спектральных моделей при высоких разрешениях ИК-Фурье-спектрометров разных производителей. В дальнейшем следует более подробно описать методику взаимокалибровки разных аппаратных конфигураций;


в некоторых разделах теоретических выкладок присутствует слишком громоздкая детализация формул, что усложняет восприятие основного результата. Рекомендуем вынести полные выводы формально, а сложные цепочки расчётов оформить в приложении.

Несмотря на отмеченные замечания, носящие, скорее, рекомендательный характер, считаем, что работа Колобовой А.В. соответствует уровню доктора технических наук и может служить основой для развития отечественной метрологической инфраструктуры в области газоаналитики.

В целом автореферат содержит полный комплекс научных и прикладных результатов, имеет чёткую структуру и отражает значительный личный вклад соискателя.  
Работа


соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук в соответствии с п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. и Приказом Минобрнауки № 1388 от 30.11.2015 г., а ее автор – Колобова Анна Викторовна – заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.10 – Метрология и метрологическое обеспечение.

Генеральный директор АО «НПФ «СЕРВЭК»  
кандидат химических наук

  
« 28 » 10 2025 г. Н.Д. Степанов

190020, Российская Федерация,  
г. Санкт-Петербург, ул. Бумажная, д.17, лит. А., пом. 346  
e-mail: info@servek.spb.ru



Подпись \_\_\_\_\_  
УДОСТОВЕРЯЮ  
ВрИО инспектора по кадрам  Т.Н. Тришина  
« 28 » 10 2025 г.