

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Собина Егора Павловича

«Совершенствование системы метрологического обеспечения средств измерений пористости и проницаемости твердых веществ и материалов»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение»

Потребность в разработке и внедрении новых материалов на основе пористых и дисперсных веществ, обладающих уникальными свойствами, такими как значительные диапазоны удельной поверхности (от десятых долей до нескольких тысяч $\text{м}^2/\text{г}$) и удельного объема пор (от сотых долей до единиц $\text{см}^3/\text{г}$), размера пор (от десятых долей нанометра до сотен микрометров), открытой пористости (от единиц до нескольких процентов) и газопроницаемости (от тысячных долей до десятков мкм^2) стимулируют востребованность соответствующих средств измерений. Последние в свою очередь могут основываться на различных методах: газоадсорбционном, термодесорбционном, спектральном, весовом, методах ртутной порометрии, гидростатического взвешивания, рентгеновского и нейтронного рассеяния, растровой электронной и оптической микроскопии, стационарной и нестационарной фильтрации газов, пикнометрии и др. До недавнего времени отсутствие централизованного метрологического обеспечения измерений пористости и проницаемости являлось существенным фактором, ограничивающим создание новых материалов на основе пористых и дисперсных веществ (сорбентов, катализаторов, носителей для хроматографии, композитов и т.д.). В связи с этим тема исследования Е.П. Собина, посвященного совершенствованию системы метрологического обеспечения средств измерений пористости и проницаемости твердых веществ и материалов, безусловно, является актуальной.

Научная новизна результатов, полученных Е.П. Собина, определяется рядом положений. На основании анализа существующей системы приборов и методов измерения различных структурно-адсорбционных характеристик твердых материалов сформулированы технические и метрологические требования к



системе метрологического обеспечения измерений пористости и проницаемости твердых веществ и материалов. Автором впервые осуществлен выбор и обоснование физико-математических моделей воспроизведения единиц величин, характеризующих пористость и проницаемость в зависимости от размера пор и применяемого метода. Выявлены закономерности влияния различных факторов (температуры, времени и давления дегазации, массы навески) на результаты измерения сорбционных свойств различных пористых и непористых материалов. Впервые Е.П. Собина предложена централизованная система передачи единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема и размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твердых веществ, включающая оптимальное число ступеней передачи единиц величин, которое определяется исходя из анализа численности парка средств измерений и их точности, а также точности государственного первичного эталона и стандартных образцов и времени, затрачиваемого на передачу единиц величин.

Практическая значимость полученных Е.П. Собина результатов также не вызывает сомнений. На основании всестороннего анализа состояния и востребованности метрологического обеспечения (МО) измерений в указанной области и с учетом особенностей методов и имеющегося парка средств измерений, а также национальных и зарубежных стандартов и зарубежного опыта проведены экспериментальные и теоретические исследования, в результате которых выполнен комплекс работ по совершенствованию МО измерений в этой области, который включает разработку и внедрение:

- Государственного первичного эталона единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твердых веществ и материалов ГЭТ 210-2019, в состав которого включено 5 эталонных установок, обеспечивающих воспроизведение единиц всех указанных величин;

- алгоритмов расчета неопределенности измерений удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твердых веществ и материалов,

учитывающих нелинейность моделей, методические и инструментальные источники неопределенности для всех входных величин в уравнения измерений;

- государственной поверочной схемы для средств измерений единиц вышеуказанных величин, которую возглавляет ГЭТ 210;

- основных научно-методических и технологических подходов к изготовлению эталонов сравнения и СО, не уступающих по точности наилучшим зарубежным аналогам, на основе которых создана документация для их серийного выпуска;

- 17 типов эталонов сравнения и 16 типов СО, обеспечивающих прослеживаемость средств и методик (методов) измерений к ГЭТ 210-2019 в соответствии с разработанной и утвержденной государственной поверочной схемой.

Следует особо отметить решение проблемы импортозамещения дорогостоящих СО зарубежного производства: NIST (США), BAM (Германия) отечественными СО, характеристика которых осуществляется с использованием иерархической цепи передачи единиц на основе государственной поверочной схемы, а не путем межлабораторного эксперимента, как это принято для зарубежных СО.

Результаты работ внедрены, в частности, при испытаниях в целях утверждения 10 типов средств измерений, поверке и калибровке значительного количества средств измерений и в целом серьезно усовершенствованная система МО измерений характеристик пористых и дисперсных веществ обеспечивает стимулирование отечественного приборостроения и внедрения новых типов средств измерений в заинтересованных отраслях промышленности, включая предприятия Росатома, ракетно-космической и химической отраслях, машиностроении, здравоохранении.

Проведены 6 международных сличений, в том числе 2 ключевых сличения, результаты которых подтверждают метрологические характеристики ГЭТ 210, адекватность выбора оптимальных параметров измерений, обоснованность моделей и алгоритмов расчета неопределенности единиц величин,

характеризующих пористость и проницаемость твердых веществ и материалов. По результатам участия в сличениях в базе данных МБМВ размещено 16 строк калибровочных и измерительных возможностей для удельной адсорбции, удельной поверхности, удельного объема и размера пор нанопористых оксидов титана, кремния, алюминия и нанопористого углерода.

Достигнутые метрологические характеристики ГЭТ 210 свидетельствуют о соответствии аналогичным эталонам национальных метрологических институтов развитых стран, а по некоторым величинам и в целом по количеству воспроизводимых единиц ГЭТ 210 превосходит зарубежные аналоги.

Полученные Е.П. Собина результаты опубликованы в виде 54 работ, в том числе 14 статей в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК и 1 патента на стандартный образец и способ его изготовления.

В результате ознакомления с авторефератом диссертации Е.П. Собина возникли следующие замечания:

1. В наименовании автореферата следовало применить вместо термина «метрологическое обеспечение средств измерений» более обобщенный термин: «метрологическое обеспечение измерений», введенный ГОСТ Р 8.820-2013, который включает не только средства измерений, но и стандартные образцы, методики (методы) измерений, методики поверки и методики калибровки средств измерений. Это тем более логично, поскольку результаты, представленные в автореферате, свидетельствуют о том, что диссертация охватывает именно весь комплекс МО измерений пористости и проницаемости твердых веществ и материалов.

2. В разделе «Научная новизна» (п 3) не совсем корректно приведен термин «величина удельной адсорбции». Удельная адсорбция сама является величиной. Следовало указать «значения удельной адсорбции».

3. Имеется ряд неточностей, в частности на стр. 18, 2-й абзац снизу следовало сначала привести ссылку на табл. 9, а затем на табл.10.

В целом диссертационная работа соответствует требованиям п. 9-11, 13, 14 "Положения о присуждении ученых степеней" (с изменениями, внесенными

Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, и может рассматриваться как завершенная научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задачи развития отрасли приборостроения в направлении контроля измерения свойств твердых веществ и материалов, а ее автор Собина Егор Павлович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.11.15 – «Метрология и метрологическое обеспечение».

Согласна на обработку персональных данных

Зав. кафедрой аналитической химии и химии окружающей среды Института естественных наук и математики Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н.Ельцина, к.х.н., доцент



 Неудачина Людмила Константиновна

Почтовый адрес: 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19.

Телефон: (343) 389-97-08; электронная почта: Ludmila.Neudachina@urfu.ru

