

**Отзыв официального оппонента
о диссертации Собины Егора Павловича
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПОРИСТОСТИ И
ПРОНИЦАЕМОСТИ ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ,
представленной на соискание учёной степени доктора технических наук
по специальности 05.11.15 - Метрология и метрологическое обеспечение**

Метрологическое обеспечение средств измерений играет первостепенную роль в задаче достижения их единства, вследствие чего его постоянное совершенствование всегда актуально. Это в полной мере относится к характеристикам проницаемости материалов для газов и жидкостей, где большое значение имеет степень их пористости. Характеристики проницаемости определяют качество адсорбирующих материалов, катализаторов, фильтров. Последние широко используются при производстве нефтепродуктов, для очистки газов, изготовлении различных материалов. Для их определения существует большое количество различных средств измерения. Отсюда следует, что предпринятое в работе исследование безусловно актуально. К этому следует добавить, что метрологическое обеспечение измерений пористости и проницаемости не может считаться достаточным при существующей сегодня номенклатуре отечественных стандартных образцов соответствующих свойств материалов.

Результаты исследований диссертанта являются достоверными и обоснованными. Частично это подтверждается использованием для расчётов известных математических соотношений, в значительной степени результатами многочисленных экспериментов, в том числе ключевых международных сличений, успешным внедрением в практику.

Автором выполнен большой объём работ, включающий создание эталонных установок, реализующих различные методы измерения характеристик проницаемости, в результате чего расширяется номенклатура характеристик, единицы которых воспроизводятся первичным эталоном, а также растёт разнообразие материалов, характеристики которых могут быть измерены. Исследуются метрологические характеристики каждой установки, что необходимо для вынесения суждения о качестве эталона.

Первоначально созданный первичный эталон использовал газоадсорбционный метод измерения. Результаты исследования его метрологических характеристик представлены в гл. 2. По этому методу накоплен наибольший опыт, что видно по месту, отведённому ему в диссертации. Впоследствии были созданы ещё четыре эталонные установки, реализующие методы ртутной порометрии, гидростатического взвешивания, гелиевой пикнометрии и стационарной фильтрации. Метрологические характеристики этих установок также исследованы в работе.



Важной частью эталона являются стандартные образцы. В диссертации описана разработка трёх видов из них – для газоадсорбционного метода и метода ртутной порометрии, а также образцов, овеществляющих открытую пористость и газопроницаемость. Всего разработаны 16 типов стандартных образцов.

Логичной составляющей исследования явилась разработка поверочной схемы для средств измерений характеристик проницаемости. Существенной её частью следует считать определение необходимого числа ступеней схемы.

В отдельную главу вынесены результаты международных сличений созданного эталона. По результатам этих сличений автор выносит следующее важное заключение: «Измерительные и калибровочные возможности усовершенствованного ГЭТ 210 превосходят зарубежные аналоги». Это обстоятельство является весьма важным сегодня, когда не преодолена сырьевая ориентация российской экономики, и развитие её высокотехнологичной части остро стоит на очереди дня. Поэтому включение этого факта в число выносимых на защиту выглядит вполне оправданным.

Практическим итогом работы явилось успешное внедрение её результатов, которому также посвящена отдельная глава. В целом можно заключить, что выполненная работа соответствует её заглавию, т.е. заявленное усовершенствование метрологического обеспечения в виде разработки эталонных установок и стандартных образцов, разработки поверочной схемы, ключевых сличений имеет место.

Однако, суть большой и полезной работы и её представление в виде диссертации разнятся по качеству. К последнему могут быть предъявлены ряд замечаний:

- в работе множество таблиц, содержащих как расчётные, так и экспериментальные данные. Это несомненно подкрепляет авторские суждения и заключения, но не выглядит разумным. Так, таблицы 2.2 и 2.4, содержащие результаты калибровки датчиков температуры и давления, вполне могли быть представлены в приложениях, а в основном тексте приведены следующие из этих таблиц метрологические характеристики точности датчиков. В приложения можно было бы поместить и табл. 6.2, содержащую перечисление средств измерений, испытанных с помощью разработанного эталона. Подобные замечания касается также таблиц 2.61, 2.62 и многих других;

- подлежит критике стиль изложения материала. Сплошь и рядом предложения начинаются со сказуемого при отсутствии подлежащего. Во всех этих случаях напрашивается страдательная форма построения фразы: «проводилось», или «было проведено» вместо «проводили» и т.п. Используется иностранный язык там, где это не является общепринятым (см. рис. 1.1, формулу (2.233)). Вместо перечисления источников неопределённости лучше было бы привести соответствующую формулу (с. 32 и др.). Сами формулы, как правило, приводятся без объяснения и ссылок на их источники. Формулы (2.18 – 2.32) очень схожи по структуре, на основании

чего их можно было бы каким – то образом объединить. Аналогичным образом можно было бы уменьшить общий объём п.п. 2.2.5 – 2.2.7 (выделить общее, отличия ввести в какую - н. таблицу). Тем самым уменьшился бы общий весьма большой объём диссертации (более 400 с). Коэффициенты в формулах (2.260), (2.261) не раскрываются «ввиду их громоздкости». В подобных случаях принято делить громоздкое выражение на блоки, давая им буквенные обозначения, иначе происходит потеря содержания;

- в ряде случаев утверждения, либо предположения автора являются спорными. То, что практически везде при сложении неопределённостей без объяснения подразумевается отсутствие взаимной корреляции, вряд ли можно считать недостатком, поскольку это нередко можно встретить в различных публикациях с апелляцией к здравому смыслу и опыту. Но также без объяснения принимаются виды вероятностных распределений, из которых рассматриваются только нормальное и равномерное (напр., формулы (2.63), (2.64)). Здесь можно отметить, что безапелляционное принятие нормального распределения характеризует не только данное исследование, а к равномерному обращаются обычно, опираясь на предположительно равное правдоподобие. Однако, известны опубликованные и подтверждающиеся данные, что при отсутствии предпочтительных значений величины, их распределение скорее следует считать подчиняющимся закону Коши, либо арксинусоидальному закону. На с. 189 говорится, что стандартная неопределённость коэффициента газопроницаемости определялась с привлечением метода Монте-Карло. Для этого предварительно рассчитывалась расширенная неопределённость. Вид распределения известен. И зачем тогда метод Монте-Карло?

- автор рассматривает «неопределённости типа А и типа В» (см.,напр., таблицу 2.71) . Более того, он их суммирует. Здесь возникает вопрос, являются ли эти неопределённости теми, которые введены в GUM как неопределённости, оцениваемые по типу А, либо В. Судя по тому, что в формулах, где присутствует «неопределённость А», используются статистические данные, ответ должен быть положительным. Но тогда речь идёт об одной и той же неопределённости, и суммирование бессмысленно.

- в формуле (2.256) 3-е слагаемое в числителе, как утверждается, выражено в см^3 , в то время как два предыдущих – в мм^3 . В формуле (2.274) не совпадают размерности левой и правой частей равенства. Как относиться к формуле (2.276), в которой по утверждению автора присутствуют одновременно мкм^2 , $\text{дм}^3/\text{мин}$, мм и $\text{мкПа}\cdot\text{с}$? Похоже, следует относиться как к некоторой поспешности, помешавшей более внимательно всмотреться в, возможно, заимствованную формулу. В формуле (3.3) содержится ошибка в 2 раза.

- в тексте нередки упущения, когда термины вводятся без пояснений. Например, u_h , u_{char} и u_{lst} на рис. 3.43 и 3.44. Температурные зависимости для различных материалов на рис. 3.7, 3.9 -3.11 несут безусловно интересную и полезную информацию, однако, на них не указана принадлежность отдельных кривых.

Соотнесение достоинств и недостатков работы, т.е. её существа и представления позволяют сделать вывод о превосходстве первых над вторыми. Созданный первичный эталон, включающий эталонные установки и стандартные образцы, отныне является основой метрологического обеспечения средств измерения пористости и проницаемости.

В итоге можно заключить, что в диссертации Егора Павловича Собины изложены научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны. Из этого следует, что данная работа отвечает требованиям пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней».

Официальный оппонент, д.т.н.

В.Д. Мазин



Исх. В.Д. Мазина
УДОСТОВЕРЯЮ
руководитель специалист
кадрам Кимовичу К.И.
«12» мая 2020 г.