



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет»
(ФГБОУ ВПО «СПбГПУ»)**

Отзыв на диссертацию

Чернышенко Александра Александровича

«Разработка и исследование эталонной установки для поверки и калибровки мер потока газа в вакууме и течеискателей», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности

05.11.15 – Метрология и метрологическое обеспечение

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, библиографического списка из 109 наименований и приложения. Основной текст работы изложен на 133 страницах, включая таблицы и рисунки. Автореферат написан на 23 страницах и содержит 1 таблицу 1 рисунок.

Периодическая модернизация эталонных установок с учётом последних достижений науки и техники обеспечивает совершенствование существующего метрологического обеспечения. Эталон газовых потоков в вакууме в России был создан несколько десятилетий тому назад. Его модернизация с целью улучшения характеристик необходима для создания современного метрологического обеспечения контроля герметичности и повышения качества работы вакуумного технологического оборудования.

Тема диссертации А.А.Чернышенко направлена на решение данной задачи и является актуальной.

Для достижения указанной цели необходимо было решить следующие задачи:

1) Провести теоретический анализ источников неопределённости различных методов измерения газовых потоков в вакууме.

2) Разработать государственный эталон единицы потока с улучшенными характеристиками и подтвердить их международными сличениями.

3) Разработать поверочную схему для средств измерения газовых потоков в вакууме.

В первой главе диссертации проведён анализ средств метрологического обеспечения мировой эталонной базы в области измерения газовых потоков в вакууме. Рассмотрены теоретические модели существующих методов измерения потоков. Обсуждаются недостатки существующей во ВНИИМ эталонной установки для поверки мер потока газа в вакууме.

Во второй главе представлены основные математические модели выбранных методов измерения газовых потоков и специфика возможных типов свойственных им неопределённостей. Проведена оценка, с учётом эталонных возможностей РФ, диапазона измерения и точностных характеристик всех выбранных методов.

Третья глава посвящена разработке конструкции, исследованию точностных характеристик новой потоковой эталонной установки и результатам её международных сличений.

Научной новизной данной работы можно считать: анализ диапазона измерения и неопределённостей методов измерения потоков, а также их

определение для новой эталонной установки; разработку поверочной схемы, алгоритмов и методик поверки и калибровки.

Разработаны новые технические решения элементов арматуры и крепления диафрагмы малой проводимости. За счёт выбора новых откачных средств, вакуумметров, дополнительной обработки материалов, металлических уплотнений и сверхвысоковакуумной арматуры удалось избавиться от ртути и масла, значительно снизить газовыделение и получить предельное давление в установке 10^{-8} Па.

Существенным достоинством установки является применение анализатора парциальных давлений, что позволяет отделять поток пробного газа от остаточных газов вакуумной установки, а также измерять парциальные давления на два – три порядка ниже общего давления, что позволяет расширить диапазон измеряемых потоков.

Достоверность полученных результатов подтверждается сравнением результатов теоретических расчётов и экспериментальных исследований, а также успешными международными сличениями результатов измерения мер потока.

Практическая ценность реализации результатов работы является изготовление государственного эталона газовых потоков в вакууме, проведение государственных испытаний, разработка методик поверки и утверждение новых средств измерений.

Для дальнейшего развития научных исследований в области совершенствования эталонной потоковой установки можно рекомендовать проведение следующих работ:

1. Исследовать целесообразность добавления к «холостой течи» «холостого измерительного объёма» и измерения разности давлений дифференциальным вакуумметром с целью улучшения метрологических

характеристик и производительности измерений методом постоянного объёма.

2. Исследовать применение метода постоянной быстроты откачки (разновидности метода постоянного объёма) для расширения на два-три порядка нижнего предела измерения потоков. При этом требуется метрологическая аттестация анализатора парциальных давлений, установка дополнительных магниторазрядного и криогенного насосов.

3. Для уменьшения газовыделения нержавеющей стали на один-полтора порядка после электрополировки нужно использовать плазменную обработку в вакууме.

По материалам диссертации можно сделать ряд замечаний:

1. В поверочной схеме среди эталонов, заимствованных из других поверочных схем, отсутствует эталон температуры.
2. В качестве единицы потока в эталонной установке следует использовать моль/с вместо условной единицы $\text{м}^3\text{Па/с}$.
3. Название вторичный, а не первичный эталон потока, является неудачным и подразумевает наличие первичного эталона, т.к. единица измерения потока (моль/с) является самостоятельной и может при помощи, например, счетчика частиц измеряться без привлечения других первичных эталонов.
4. В работе имеется ряд описок и неточностей. При расчёте неопределённостей, например, неопределённости, связанной с газовыделением (3.6.5), не указывается как получено численное значение или делается ссылка на формулу, проверка

расчёта по которой затруднена из-за отсутствия некоторых коэффициентов.

Сделанные замечания не снижают общего положительного впечатления от проделанной работы. Проведённые в диссертации исследования выполнены на высоком научно-техническом уровне и обеспечивают возможность достижения высокого качества изготовления государственного эталона газовых потоков в вакууме.

Опубликованные статьи и автореферат отражают основное содержание диссертации, которое соответствует указанной специальности.

Считаю, что диссертационная работа Чернышенко Александра Александровича на тему «Разработка и исследование эталонной установки для поверки и калибровки мер потока в вакууме и течеискателей» является законченной научно-исследовательской работой, по актуальности тематики, глубине проработки, новизне и ценности результатов соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (ред. от 30.07.2014 г.), а сам диссертант заслуживает учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.11.15 «Метрология и метрологическое обеспечение».

