

Государственный первичный специальный эталон единицы скорости воздушного потока ГЭТ 150—2012

К. В. ПОПОВ, С. А. ПОЛИКАРПОВ, Ю. А. ЧИСТЯКОВ

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева,
С.-Петербург, Россия, e-mail: Yu.A. Chistyakov@vniim.ru

Приведено описание Государственного первичного специального эталона единицы скорости воздушного потока ГЭТ 150—2012. Рассмотрены его принцип действия и метрологические характеристики. Представлены результаты международных ключевых сличений национальных эталонов скорости воздушного потока и подтверждено, что метрологические характеристики эталона находятся на мировом уровне.

Ключевые слова: государственный эталон, скорость воздушного потока, метрологические характеристики, ключевые сличения.

Description of a special State primary standard of the airflow velocity unit GET 150—2012 is presented. The operation principle and metrological characteristics have been considered. The results of international key comparisons of national standards of airflow velocity are presented. It is confirmed that the metrological characteristics standard are on a global level.

Key words: state standard, airflow rate, metrological characteristics, key comparisons.

Средства измерений (СИ) скорости воздушного потока широко применяют в метеорологии, авиастроении и авиации, добывающей промышленности (шахтах, угольных разрезах), в строительстве для обеспечения безопасности высотных сооружений, в экологии для контроля выбросов вредных веществ в атмосферу, тонких химических технологиях, медицине и ряде других отраслей.

В настоящее время в России парк рабочих СИ скорости воздушного потока, находящихся в применении, составляет порядка 500 тыс. шт. В связи с ростом внимания к экологическим проблемам и вопросам обеспечения безопасности на производстве потребность в таких СИ неуклонно растет. В последнее время увеличилась доля СИ скорости воздушного потока зарубежных производителей.

До 2012 г. для обеспечения единства измерений скорости воздушного потока существовал государственный специальный эталон ГЭТ 150—85. Однако указанный эталон морально и физически устарел, поэтому возникла необходимость создания нового государственного эталона в данной области измерений. В 2012 г. был утвержден Государственный первичный специальный эталон единицы скорости воздушного потока ГЭТ 150—2012 [1], который обеспечивает расширение диапазона измерений скорости воздушного потока в область малых значений (до 0,05 м/с), повышение точности измерений до 1,5 раз и базируется на современной элементной базе.

Расширение диапазона воспроизведения скорости воздушного потока позволило решить целый ряд измерительных задач в различных технологиях: критических (создание микроклимата среды обитания живых объектов), тонких химических (изготовление газовых смесей заданного состава), лазерных (подпитка газом газовых технологических лазеров) и т. д. Повышение точности измерений обусловило прогресс в авиастроении (повышение точности определения аэродинамических характеристик летательных аппаратов, повышение надежности работы систем обеспечения безопасности аэродромных комплексов), метеорологии (повышение достоверности прогнозов погоды), экологии (контроль за перемещением вредных веществ в атмосфере), энергосбереже-

нии (повышение точности определения метрологических характеристик измерителей параметров природного газа).

Этапы создания ГЭТ 150—2012:

- разработка измерительной схемы эталона, обеспечивающей прослеживаемость к эталонам основных единиц;
- разработка и изготовление калибратора для лазерного анемометра (КЛАД-1);

- разработка программного обеспечения для управления процессом измерений на государственном первичном специальном эталоне (ГПСЭ);

- разработка и изготовление закрытого измерительного участка для ГПСЭ, что необходимо для надежного обеспечения измерений при малых значениях скоростей;

- разработка и изготовление новой системы управления перемещением СИ и двигателем постоянного тока вентиляторного агрегата;

- разработка системы определения плотности воздушного потока в рабочих условиях;

- исследование метрологических характеристик эталона;
- разработка проекта новой государственной поверочной схемы и документации.

Состав ГЭТ 150—2012. Первичный специальный эталон состоит из комплекса следующих технических средств, вспомогательных устройств и специальных инженерных сооружений: аэродинамической установки АДС-700/100 № 01 (замкнутая аэродинамическая труба) для воспроизведения единицы скорости воздушного потока в диапазоне 0,05—100 м/с; приемников полного и статического давлений ПД 53 №№ 60, 62 для измерений и передачи единицы вторичным эталонам в диапазоне 10—100 м/с; лазерного доплеровского измерителя скорости ЛАД-015 № 123-610901-14 для измерений и передачи единицы вторичным эталонам в диапазоне 0,05—25 м/с; калибратора КЛАД-1 № 01 для определения коэффициента преобразования измерителя ЛАД-015 в диапазоне 0,05—12 м/с; системы измерения параметров воздушного потока ЭМС-01/60; СИ атмосферного давления, относительной влажности воздуха и температуры; двух персональных электронно-вычислительных машин для автоматизированной обработки измерительной информации, архивации результатов измерений и управления процессом измерений.

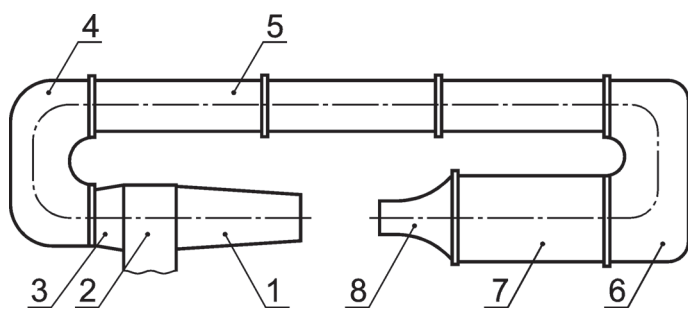


Схема аэродинамической установки АДС 700/100:

1, 3, 4, 5, 6 — воздуховоды; 2 — вентилятор; 7 — форкамера;
8 — сопло

Принцип действия и структура построения ГЭТ 150—2012.

Для создания воздушного потока с нормированными характеристиками применена замкнутая аэродинамическая установка АДС 700/100, схема которой представлена на рисунке. Установка имеет открытый измерительный участок для измерений скорости в диапазоне 0,5—100 м/с и закрытый измерительный участок — в диапазоне 0,05—0,50 м/с. В качестве устройства формирования потока используется конфузор (сопло) 8, профиль которого рассчитан по формуле Витошинского. Диаметр выходного сечения конфузора 700 мм. Поток создается осевым двуступенчатым вентилятором 2, который приводит во вращение двигатель постоянного тока мощностью 125 кВт. Изменение скорости осуществляется регулировкой напряжения на якоре двигателя, а в диапазоне скорости 0,05—5 м/с еще и изменением угла атаки лопастей вентилятора.

Скорость воздушного потока измеряют с помощью приемников полного и статического давлений и лазерным доплеровским анемометром, который измеряет скорость микрочастиц, сопровождающих поток. Доплеровский метод основан на измерении частоты лазерного излучения, рассеянного движущимся объектом. Метрологические характеристики ГЭТ 150—2012 приведены в таблице, а результаты исследований в [2].

Метрологические характеристики эталона

Характеристика	Значение
Диапазон значений скорости воздушного потока, м/с	0,05—100
Среднее квадратическое отклонение результата измерений (СКО) при 10 независимых измерениях, м/с	0,00015+0,00150v*
Неисключенная систематическая погрешность (НСП), м/с	0,00015+0,00150v*
Стандартная неопределенность, м/с: по типу А по типу В	0,00015+0,00150v* 0,00001+0,00010v*
Суммарная стандартная неопределенность, м/с	0,00016+0,0010v*
Расширенная неопределенность (доверительная вероятность $P = 0,95$, коэффициент охвата $k = 2$), м/с	0,00032+0,00200v*
Межаттестационный интервал, год	4

Примечание: *v — скорость воздушного потока.

ГЭТ 150—2012 разработан и исследован в период 2010—2012 гг. во ВНИИМ им. Д. И. Менделеева. Приемники полного и статического давлений созданы и испытаны в ЦАГИ

им. проф. Н. Е. Жуковского. Эталон содержат и применяют во ВНИИМ им. Д. И. Менделеева в помещении, соответствующем правилам содержания и применения первичного эталона.

В период подготовки эталона к утверждению ВНИИМ, являясь членом Азиатско-Тихоокеанской метрологической программы (APMP), участвовал в ключевых сличениях национальных эталонов скорости воздушного потока APMP.M.FF-K3. В сличениях принимали участие 6 стран: Япония (NMIJ) — пилотная лаборатория; Тайвань (CMS/ITRI); Корея (KRISS); Сингапур (NMC A*STAR); США (NIST); Россия (ВНИИМ). От ВНИИМ на сличение была представлена часть ГЭТ 150—85, которая затем вошла в состав ГЭТ 150—2012.

Сличения эталонов проводили с помощью устройства сравнения (УС) при скоростях воздушного потока 2; 5; 10; 16; 20 м/с. На каждой калибровочной точке проводили по пять измерений. В качестве УС использовали ультразвуковой измеритель скорости воздушного потока, изготовленный фирмой KAIJO SONIC CORPORATION и предоставленный пилотной лабораторией NMIJ. После проведения экспериментальных исследований каждым национальным метрологическим институтом эталон сравнения возвращали в пилотную лабораторию для контроля его технического состояния.

Окончательный отчет о сличениях APMP.M.FF-K3 представлен в [3, 4]. Результаты, полученные в ходе сличений были сопоставлены с результатами сличений СС.FF-K3, проведенных под эгидой МБМВ в 2005 г., в которых принимали участие Япония (NMIJ), США (NIST), Нидерланды (NMI) и Германия (PTB).

Результаты сличений ГЭТ 150—2012 с зарубежными национальными эталонами стран-участников сличений показали, что степень эквивалентности результатов измерений ВНИИМ и других национальных эталонов удовлетворительна.

На основании результатов ключевых сличений калибровочные измерительные возможности ВНИИМ в области измерений скорости воздушного потока включены в базу данных Международного бюро мер и весов.

Литература

1. Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 декабря 2012 г. № 1222 «Об утверждении Государственного первичного специального эталона единицы скорости воздушного потока».
2. Отчет ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева по теме «Совершенствование Государственного первичного специального эталона единицы скорости воздушного потока ГЭТ 150—85» № 01201352198 [Официальный сайт]. <http://www.rntd.citis.ru> (дата обращения 19.04.2014 г.)
3. Final report on the APMP air speed key comparison (APMP.M.FF-K3).
4. Ханов Н. И., Мишустин В. И., Гуткин М. Б. Результаты участия российских эталонов в ключевых сличениях, проводимых региональной метрологической организацией стран Азиатско-Тихоокеанского региона в области измерений параметров потоков жидкости и газа // Измерительная техника. 2011. № 8. С. 67—70; Khanov N. I., Mishustin V. I., Gutkin M. B. Results of participation of Russian standards in key comparisons conducted by the Regional Metrological Organization for countries of the Asia-Pacific Region in the field of liquid and gas flow rate parameter measurement // Measurement Techniques. 2011. V. 54. N. 11. P. 953—958.

Дата принятия 19.06.2014 г.