

## АТТЕСТАЦИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА ГЕРМЕТИЧНОСТЬ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

## VERIFICATION OF TESTING EQUIPMENT DURING TIGHTNESS TESTING BY THE MASS SPECTROMETRIC METHOD

Д.М.Фомин (ORCID: 0000-0002-0264-2491) / [vacuum@vniim.ru](mailto:vacuum@vniim.ru)

**D.M.Fomin**

Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И.Менделеева,  
г. Санкт-Петербург

*Представлены основные причины проведения процедуры аттестации испытательного оборудования. Приводятся основные этапы аттестации испытательного оборудования (стенда для контроля герметичности на основе течеискателя масс-спектрометрического гелиевого).*

*The main reasons for the procedure for the verification of testing equipment are presented. The main stages of verification of testing equipment (a test bench for tightness control based on a mass spectrometric helium leak detector) are given.*

Ключевые слова: аттестация испытательного оборудования, течеискатель масс-спектрометрический гелиевый, вакуум, метрология

Key words: verification of testing equipment, mass spectrometric helium leak detector, vacuum, metrology.

### ВВЕДЕНИЕ

Получение достоверных данных при испытаниях на герметичность масс-спектрометрическим методом готовой продукции на предприятиях различных отраслей промышленности является важнейшей проблемой. Частичным решением проблемы стало метрологическое обеспечение течеискателей масс-спектрометрических гелиевых и мер потока (течей гелиевых), однако есть ряд случаев, когда проведение одной процедуры поверки недостаточно. Поэтому в ряде случаев на предприятиях проводят процедуру аттестации испытательного оборудования.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Аттестация испытательного оборудования – определение нормированных точностных характеристик испытательного оборудования, их соответствия требованиям нормативно-технической документации и установление пригодности этого оборудования к эксплуатации (ГОСТ 16504-81).

В каких случаях нужна аттестация:

- при испытаниях на сложных многокомпонентных установках, состоящих из нескольких видов средств измерений, имеющие свои метрологические и технические характеристики, а также системы имеющие программное обеспечение (далее по тексту – ПО) для обработки измерительной информации;
- при испытаниях методами, метрологические характеристики которых не нормированы, например, методом шупа. В документации на оборудование можно нормировать точностные характеристики методом шупа при соблюдении определенных условий проведения испытаний;
- при проведении испытаний с помощью технических средств, которые не утверждены в качестве средств измерений, например, течеискатели масс-

спектрометрические гелиевые советского производства (ПТИ-6, ПТИ-7, ПТИ-10 и др.), а также течеискатели масс-спектрометрические гелиевые импортного производства неутвержденные в установленном порядке качестве средств измерений.

В случаях, когда при испытаниях применяются течеискатели масс-спектрометрические гелиевые утвержденных типов и имеющие действующие свидетельства о поверке, а испытания проводятся по нормативным документам с указанием схем способов реализации масс-спектрометрического способа течеискания, где течеискатели масс-спектрометрические гелиевые являются основным средством измерений при испытаниях (например, ГОСТ 28517-90), то аттестация испытательного оборудования не требуется. При утверждении типа средств измерений приборы проходят испытания метрологических характеристик, а также испытания на корректность обработки измерительной информации и защите ПО средства измерений.

Аттестация испытательного оборудования проводится в соответствии с ГОСТ Р 8.568-2017 «ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения». В случае проведения испытаний по оценке соответствия оборонной продукции аттестацию выполняют с учетом требований ГОСТ РВ 0008-002-2013 «ГСИ. Аттестация испытательного оборудования, применяемого при оценке соответствия оборонной продукции. Организация и порядок проведения». При проведении аттестации с учетом требований ГОСТ РВ 0008-002-2013 необходимо обязательное проведение метрологической экспертизы программы и методики аттестации испытательного оборудования, при проведении аттестации по ГОСТ Р 8.568-2017 метрологическая экспертиза выполняется, если это установлено нормативными правовыми актами и по желанию владельца испытательного оборудования. Целью метрологической экспертизы является анализ и оценка правильности принятых при разработке программ и методик аттестации решений по определению нормированных характеристик испытательного оборудования, определение возможности воспроизведения испытательным оборудованием условий испытаний, разработка рекомендаций по устранению выявленных недостатков.

Современные измерительные комплексы сложно представить без применения ПО. В случае применения стороннего ПО для объединения результатов испытаний необходимо проведение аттестации ПО в соответствии с ГОСТ Р 8.654 и с применением методов испытаний по ГОСТ 8.883. Аттестация ПО необходима для исключения случаев непреднамеренного или преднамеренного изменений заложенных алгоритмов, а также ряд других факторов влияющих на достоверность результатов испытаний.

Аттестация испытательного оборудования при испытаниях на герметичность масс-спектрометрическим методом проводится на соответствие нормативным документам, применяемым при испытаниях на предприятиях различных отраслей промышленности. Наиболее распространёнными нормативными документами при испытаниях на герметичность масс-спектрометрическим методом являются ГОСТ Р 50.05.01-2018, ГОСТ 33257-2015, ОСТ 5.0170-81, ПНАЭ Г-7-019-89.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ**

Для примера проведения аттестации рассмотрим испытательное оборудование, применяемое при испытаниях на предприятиях атомной энергетики в соответствии с ГОСТ Р 50.05.01-2018 «Система оценки соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Контроль герметичности газовыми и жидкостными методами».

На рис. 1 представлена вакуумная схема стенда для контроля герметичности на основе течеискателя масс-спектрометрического гелиевого в состав которого входят: 1 - течеискатель масс-спектрометрический гелиевый, 2 – вакуумметр сопротивления; 3 – клапан вакуумный; 4 – набор мер потока (течей гелиевых); 5 – объект контроля; 6- обдуватель; 7 – камера с гелием.

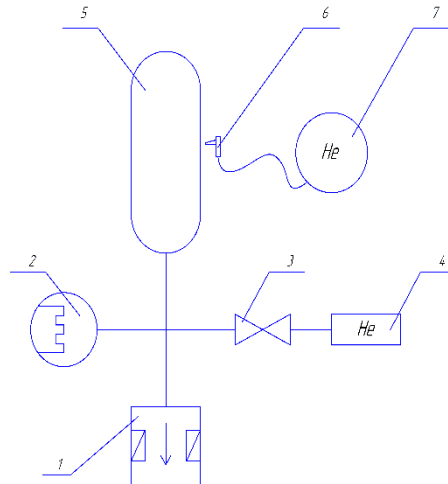


Рис. 1. Вакуумная схема стенда для контроля герметичности на основе течеискателя масс-спектрометрического гелиевого.

Средства измерений, входящие в состав стенда, утвержденного типа и внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Все средства измерений проходят периодическую поверку в соответствии с межповерочными интервалами. Стенд обеспечен набором из трех мер потока с различными значениями потоков. Значения потоков должны быть равномерно распределены по всему допускаемому интервалу воспроизведения (измерения) испытываемой величины. При проведении аттестации, а также при эксплуатации стенда течеискатель масс-спектрометрический гелиевый настраивается (калибруется) с помощью внешних мер потока, величина меры потока для настройки (калибровки) выбирается близкая по значению к контролируемой норме герметичности. При эксплуатации мер потока важно учитывать температурную поправку для конкретной меры потока. Для пересчета потока необходимо использовать следующую формулу:

$$Q_T = Q_K \left(1 + \frac{K_T}{100}\right)^{(T-T_K)}, \quad (1)$$

где  $Q_T$  – поток, воспроизводимый мерой потока при температуре  $T$ , Па·м<sup>3</sup>/с;  
 $Q_K$  – поток, воспроизводимый мерой потока при температуре ее поверки (калибровки)  $T_K$ , Па·м<sup>3</sup>/с;  
 $K_T$  – температурная поправка, указанная производителем;  
 $T$  – температура эксплуатации меры потока, К;  
 $T_K$  – температура поверки (калибровки) меры потока, К. [1]

К стенду прилагается паспорт в соответствии с требованиями ГОСТ 2.601. В паспорте описаны сведения о назначении и составе стенда и перечень нормированных характеристик стенда, определение которых должно быть выполнено в ходе аттестации.

Основными нормированными характеристиками стенда являются:

- диапазон воспроизводимого (измеряемого) потока газа (гелий) в вакууме, Па·м<sup>3</sup>/с;
- остаточное давление на входе течеискателя масс-спектрометрического гелиевого,

Па;

- допускаемое отклонение воспроизводимого (измеряемого) потока газа (гелий) в вакууме, %.

Для проведения аттестации разрабатывается программа и методика аттестации, включающая разделы в соответствии с ГОСТ Р 8.568-2017 и утверждается руководителем организации – владельцем испытательного оборудования. Стоит также отметить, что в данном конкретном примере, в состав стенда включены средства измерений, применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, поэтому проверка правильности работы ПО, отвечающие за воспроизведение и отображение

измерительной информации, осуществляется в ходе утверждения типа средств измерений и подтверждается при периодической поверке.

Для проведения аттестации приказом руководителя организации – владельца испытательного оборудования назначается комиссия. В процессе аттестации, в конкретном примере, диапазон воспроизводимого (измеряемого) потока газа (гелий) в вакууме предлагается определять с помощью проверки минимального потока гелия, регистрируемого течеискателем масс-спектрометрическим гелиевым (чувствительность). Данную операцию рекомендуется произвести с учетом требований ГОСТ Р 53177-2008 «Вакуумная техника. Определение характеристик масс-спектрометрического метода контроля герметичности».

Минимальный потока гелия, регистрируемый течеискателем масс-спектрометрическим гелиевым (чувствительность) необходимо определить по формуле:

$$Q_{\text{мин}} = \frac{U_{\text{мин}}}{K_Q}, \quad (2)$$

где  $U_{\text{мин}}$  - минимальный регистрируемый сигнал;  
 $K_Q$  - коэффициент чувствительности. [2]

Остаточное давление на входе течеискателя масс-спектрометрического гелиевого определяется с помощью входящего в состав вакуумметра сопротивления. Измерения проводят с установленной мерой потока, открытыми клапанами и во всех режимах работы течеискателя масс-спектрометрического гелиевого. В соответствии с ГОСТ Р 50.05.01-2018 остаточное давление на входе течеискателя масс-спектрометрического гелиевого не должно превышать 10 Па.

Допускаемое отклонение воспроизводимого (измеряемого) потока газа (гелий) в вакууме определяют с помощью набора мер потока (течей гелиевых), входящих в состав стенда. Меры потока поочередно подключают к стенду и определяют значение потока, процедуру выполняют три раза, между каждым циклом измерений проводят внешнюю настройку течеискателя масс-спектрометрического гелиевого (калибровку).

По результатам аттестации испытательного оборудования оформляется протокол. При положительных результатах аттестации на основании протокола аттестации оформляется аттестат в соответствии с формой, приведенной в ГОСТ Р 8.568-2017.

## **ВЫВОДЫ**

В результате проведения аттестации испытательного оборудования существенно повышается качество проведения испытаний готовой продукции на предприятиях. Определение метрологических характеристик испытательного оборудования и контроль характеристик в процессе испытаний сокращают возможность принятия ошибочного решения в отношении испытуемых объектов.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Фомин Д.М. Метрологическое обеспечение мер потока газа в вакууме. // Наноидустрия спецвыпуск. Труды 26-й научно-технической конференции «Вакуумная наука и техника» Республика Крым, ТОК «Судак», 16-21 сентября 2019 г., 2020 – 2s, том 13 – с. 79-83.

2. ГОСТ Р 53177-2008 «Вакуумная техника. Определение характеристик масс-спектрометрического метода контроля герметичности»