

*Мы продолжаем знакомить читателей со стандартом ISO 14644-3:2005. В этом номере журнала речь пойдет о разделах стандарта, посвященных измерениям перепада давления в чистых помещениях. Приводится также информация о приборах для измерения перепада давления, предлагаемых на российском рынке.*

## Стандарт ISO 14644-3:2005 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 3. Методы измерений»

*Из приложения В «Методы контроля чистых помещений»*

### **В.5 Измерения перепада давления**

#### **В.5.1 Общие положения**

Целью измерения этого параметра является подтверждение способности чистого помещения поддерживать заданный перепад давления между чистым помещением и смежными с ним помещениями, а также между выделенными внутри чистого помещения зонами. Измерения перепада давления могут проводиться для каждого состояния чистого помещения, а также выполняться периодически и на регулярной основе как часть установленной для чистого помещения программы мониторинга в соответствии ИСО 14644-2.

#### **В.5.2 Метод проведения**

Прежде чем начинать измерения перепада давления между контролируемыми помещениями или между контролируемыми и смежными помещениями, рекомендуется убедиться, что объем подаваемого в чистое помещение воздуха и баланс воздушных потоков находятся в пределах, установленных документацией на чистое помещение.

Перепад давления между чистым помещением и смежными помещениями должен измеряться и регистрироваться при полностью закрытых всех дверях.

Если комплекс чистых помещений включает несколько отдельных чистых помещений, то следует измерить перепад давления между наиболее удаленным от границ комплекса чистым помещением и соседним с ним помещением.

Измерения следует продолжать до тех пор, пока не будет измерен перепад давления между последним внутренним чистым помещением и окружающей его наружной средой.

Измеряемые в чистых помещениях перепады давления чрезвычайно малы, и некорректные методики измерений могут легко привести к неправильным результатам. Следует принять во внимание следующее:

- а) измерения рекомендуется проводить в одних и тех же оборудованных точках;
- б) измерения рекомендуется проводить ближе к центру чистого помещения и вдали от устройств подачи воздуха внутрь чистого помещения и выхода воздуха наружу, поскольку они могут влиять на локальное значение давления в точке измерения.

#### **В.5.3 Приборы для измерения перепада давления**

Описание приборов и условий измерения представлены в разделе С.5. Могут использоваться электронный микроманометр, наклонный или механический дифференциальные манометры.

Приборы должны иметь действующие сертификаты калибровки.

#### **В.5.4 Протокол испытаний**

По соглашению между заказчиком и исполнителем в протокол испытаний включается следующая информация в соответствии с разделом 5 настоящего стандарта:

- а) тип испытаний и методы измерений, условия проведения измерений;
- б) тип каждого используемого прибора и данные о его калибровке;
- с) классы чистоты испытываемых помещений;
- д) места расположения точек измерения;
- е) состояние(я) чистого помещения.

*Из приложения С «Приборы и оборудование»*

### **С.5 Измерение перепада давления**

**С.5.1 Электронный микроманометр** — используется для визуального отображения или вывода данных о величине разности давлений между ограниченным пространством и окружающей его средой путем измерения изменений электростатической емкости или электрического сопротивления, отражающих перемещение диафрагмы.

Характеристики электронного микроманометра приведены в табл. С.14.

**Таблица С.14**  
*Характеристики электронного микроманометра*

Параметр	Характеристики
Пределы/диапазон измерений	От 0 Па до 100 Па для типичного узкого диапазона От 0 кПа до 100 кПа для типичного широкого диапазона
Чувствительность / разрешение	1 Па / 0,1 Па в диапазоне от 0 Па до 100 Па
Погрешность	± 1,5% от полной шкалы для диапазона от 0 Па до 100 Па ± 1% от полной шкалы для диапазона от 0 кПа до 100кПа

**С.5.2 Наклонный манометр** – используется для определения разности давлений воздуха между двумя точками путем визуального считывания показаний наклонной шкалы, отражающей высоту гидростатического напора в трубке манометра, заполненной такими жидкостями как вода или спирт.

**С.5.3 Механический дифференциальный манометр** – используется для измерения разности давления воздуха между двумя точками путем измерения величины смещения стрелки, соединенной механическим или магнитным приводом с диафрагмой и отражающей ее перемещение.

**Таблица С.15**

Характеристики наклонного манометра

Параметр	Характеристики
Пределы/диапазон измерений	От 0 кПа до 0,3 кПа или от 0 кПа до 1,5 кПа
Чувствительность	1 Па для диапазона от 0 кПа до 0,3 кПа
Погрешность	± 3% для диапазона от 0 кПа до 0,3 кПа
Число делений шкалы	От 2 (как минимум) до 10 для диапазона от 0 кПа до 0,3 кПа

**Таблица С.16**

Характеристики механического дифференциального манометра

Параметр	Характеристики
Пределы/диапазон измерений	От 0 Па до 50 Па для типичного узкого диапазона От 0 кПа до 50 кПа для типичного широкого диапазона
Чувствительность/разрешение	0,5 Па для диапазона от 0 Па до 50 Па
Погрешность	± 5% от полной шкалы для диапазона от 0 Па до 50 Па ± 2,5% от полной шкалы для диапазона от 0 кПа до 50 кПа

# ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

В. И. Калечиц, генеральный директор ООО «Клинрум Инструментс»

Из самого определения чистого помещения (*«помещение, в котором контролируется концентрация взвешенных в воздухе частиц и которое построено и используется так, чтобы свести к минимуму поступление, выделение и удержание частиц внутри помещения, и в котором, по мере необходимости, контролируются другие параметры, например, температура, влажность и давление»* – ГОСТ Р ИСО 14644-1) следует, что важнейшим для чистого помещения параметром является счетная концентрация частиц. Это положение подтверждается и в международном стандарте ИСО 14644-3, где указывается, что измерение счетной концентрации частиц является единственным обязательным для чистого помещения испытанием. Измерение же всех остальных перечисленных в стандарте параметров носит уже дополнительный характер.

Однако эти положения стандартов не следует понимать излишне прямолинейно как основание для того, чтобы пренебрегать контролем «необязательных» характеристик. Напротив, во всех рекомендациях специалистов подчеркивается, что измерение счетной концентрации частиц – важнейшая, определяющая класс чистоты помещения, операция – должна проводиться последней, после того, как проверены характеристики и баланс воздушных потоков, проведена проверка установленных в чистом помещении HEPA-фильтров, проверена герметич-

ность самого помещения и пр. Действительно, зачем измерять счетную концентрацию частиц, если чистое помещение негерметично или фильтр не очищает подаваемый в помещение воздух. Поэтому на практике определение неосновных параметров чистого помещения является очень важным и информативным.

В силу изложенного выше контроль перепада давления в чистых помещениях часто находится на периферии внимания специалистов, проектирующих и эксплуатирующих чистые помещения. Такой подход глубоко ошибочен. Измерения перепада давления между смежными чистыми помещениями, между чистыми помещениями и окружающей их средой, а также между чистым помещением и расположенными внутри него изолирующими устройствами являются важнейшим индикатором «благополучия» чистого помещения, его правильной и стабильной работы. Известный специалист по чистым помещениям Билл Уайт в своей книге *«Технология чистых помещений»* даже ставит контроль перепада давления в один ряд с измерениями счетной концентрации частиц, считая их эквивалентными по важности.

К сожалению, в практике строительства и эксплуатации отечественных чистых помещений нередки случаи, когда приборы контроля перепада давления не предусматриваются вовсе. Между тем фирмы-производители предлагают широкий спектр оборудования для изме-

рения дифференциального давления, причем приборы такого типа сравнительно дешевы. Поэтому подобная экономия на приборном оснащении абсолютно бессмысленна – несвоевременное обнаружение неисправностей или нештатных режимов работы может привести к потерям, многократно превышающим суммарные затраты на все приборы и системы контроля в чистом помещении. В стандарте **ИСО 14644-3:2005 «Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды. Часть 3. Методы измерений»**, выдержки из которого приведены выше, описаны не только общие принципы проведения измерений, но и основные существующие типы приборов для измерения перепада давления.

Простейшие из них – **наклонные манометры**. Действие наклонного манометра основано на том, что из-за перепада давления на двух входах манометра жидкость смещается вверх или вниз по наклонной трубке. Трубка должна быть именно наклонной, чтобы обеспечить измерение очень маленьких значений дифференциального давления, ведь обычно перепад давления между смежными чистыми помещениями составляет величину около 10 Па (10 Па = 1,02 мм вод. ст.). Как правило, для измерения перепадов давления между помещениями используют манометры, способные регистрировать величину разности давлений в диапазоне 0 – 60 Па.

На рис. 1 и 2 представлены распространенные наклонные манометры фирмы Dwyer (США). Прибор на рис. 2 имеет переменный угол наклона. Для контроля небольшого дифференциального давления служит практически горизонтальная часть трубки, а загнутая вверх позволяет измерять более высокие перепады давления.

Манометры подобного типа можно использовать, например, для измерения падения давления на воздушном фильтре в диапазоне от 100 до 500 Па. Следует также напомнить, что приборы для контроля перепада давления могут использоваться не только по своему «прямому» назначению. С их помощью можно проводить измерения скорости воздушного потока (используя трубку Пито), измерять объемный расход воздуха по перепаду давления на диафрагме.

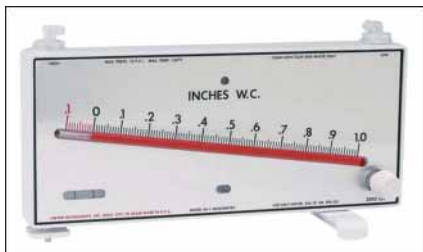


Рис. 1. Наклонный манометр Mark II (модель 40-1) фирмы Dwyer



Рис. 2. Манометр с переменным углом наклона Mark II (модель 25) фирмы Dwyer

При выборе наклонного манометра следует обратить внимание на то, что стандарт ИСО 14644-3 не требует от такого типа приборов большой точности. Она должна быть не хуже 3% (многие предлагаемые на рынке приборы имеют на порядок большую точность – но и существенно большую стоимость).

Наклонные манометры типа изображенных на рис. 1 и 2 дешевы, достаточно наглядны, но требуют периодического обслуживания (долив и смена жидкости, коррекция нуля и др.) и их показания нельзя перевести в электронный сигнал.

Возможно, именно по этим причинам наибольшее распространение в технике чистых производственных помещений получили **механические дифференциальные манометры**. Их



Рис. 3. Дифференциальный манометр 2000-60 Pa фирмы Dwyer

действие основано на перемещении под действием перепада давления диафрагмы (мембраны). Движение диафрагмы тем или иным способом передается стрелочному прибору.

Такое представление информации привычно и очень наглядно. Обычно дифференциальные манометры устанавливают недалеко от входа в чистое помещение с наружной стороны.

Фактически стандартом среди механических дифференциальных манометров стали приборы фирмы Dwyer. Они выпускаются с различными диапазонами измерений; для технологии чистых помещений представляют интерес приборы серии 2000 с пределами измерений 60 Па (контроль перепада давления между чистыми помещениями), 100 Па, 125 Па, 250 Па, 300 Па и 500 Па (измерение перепада давления на воздушных фильтрах).

По желанию заказчика на приборах возможна установка дополнительных элементов, указывающих граничные значения перепада давления – стрелок, флагов, сигнальных ламп.

Дифференциальные манометры серии 605 фирмы Dwyer практически полностью повторяют внешний вид и характеристики приборов серии 2000 за одним очень важным исключением – они имеют аналоговый выход 4 – 20 мА. Это позволяет передавать показания приборов в виде электронного сигнала в систему контроля параметров чистого помещения.

Манометры серии 605 фирмы Dwyer занимают промежуточное положение между механическими и электронными манометрами. Отличие последних именно в том, что их выходной сигнал (токовый или частотный) может использоваться в любой вторичной электронной аппаратуре, чаще всего в компьютерных системах контроля.

**Электронные приборы для измерения перепада давления** могут предлагаться как в виде отдельных показывающих и записывающих приборов, так и в виде датчиков. Датчики передают

сигнал, пропорциональный перепаду давления, в систему обработки информации (контроллер или компьютер). В этом случае результаты измерений отображаются только на рабочем месте оператора. Впрочем, некоторые датчики снабжаются цифровым дисплеем, что позволяет контролировать величину перепада давления и непосредственно в месте установки датчика.

#### Датчики перепада давления

Производятся многими фирмами. В качестве примера можно привести семейство датчиков дифференциального давления компании Setra (США). Модели 264, 265, 267 и 269 выпускаются в нескольких модификациях, отличающихся верхней границей измеряемого перепада давления – от 25 Па до 25 кПа. Некоторые модели датчиков снабжены дисплеем, могут работать в нескольких



Рис. 4. Простейшие датчики дифференциального давления фирмы Setra модели 265 выпускаются с 9 различными предельными значениями перепада давления – от 60 Па до 25 кПа

диапазонах, имеют высокое разрешение – другими словами, приближаются по своим характеристикам к автономным электронным приборам.



Рис. 5. Датчики перепада давления фирмы Setra модели 267 предлагают расширенные возможности – выбор одного из 6 возможных диапазонов измерения, индикацию результатов измерений на ЖК дисплее





Рис. 6. Датчик дифференциального давления фирмы Lighthouse Worldwide Solutions (США) в стандартном исполнении рассчитан на измерение перепада давления 125 Па

Несколько особняком в этом ряду стоят датчики, рассчитанные на работу с другими измерительными приборами. Примером может являться датчик дифференциального давления фирмы Lighthouse Worldwide Solutions (США), который может подключаться к счетчикам аэрозолей типа Solair. В этом случае результаты измерений перепада давления отображаются на дисплее прибора Solair, запоминаются, распечатываются, обрабатываются и передаются в компьютер наряду с результатами измерений других параметров. Поскольку параллельно к приборам типа Solair можно подключать до четырех различных датчиков (кроме перепада давления, возможно измерение температуры, относительной влажности и скорости воздушного потока), такой прибор превращается в мобильную систему мониторинга параметров воздушной среды чистого помещения.

Разумеется, датчики дифференциального давления Lighthouse можно использовать и отдельно от приборов типа Solair, например, в составе компьютерной системы контроля.

Большинство перечисленных выше приборов рассчитано на стационарную установку в чистом помещении. Однако во многих случаях – прежде всего, при аттестации чистых помещений, их периодическом контроле – востребованы портативные автономные измерители дифференциального давления, отличающиеся значительно большей точностью. Среди приборов такого типа наибольшее распространение получили **многофункциональные измерители**, позволяющие измерить не только перепад давления, но и многие другие параметры чистого помещения.

На рис. 7 и 8 представлены многофункциональные измерительные приборы фирмы Testo AG (Германия). Измерения проводятся с помощью специализированных зондов, подключаемых к прибору. Это дает возможность каждому пользователю еще при покупке выбрать те параметры, которые ему необходимо контролировать, выбрать необходимые диапазоны измерений, точность и разрешение, после чего заказать требуемый набор зондов. Так, с помощью приборов Testo 335 и 435 можно контролировать не только дифференциальное давление, но и температуру в широком диапазоне, относительную влажность, точку росы, абсолютное давление, скорость воздушного потока в различных диапазонах, объемный поток воздуха, содержание в воздухе CO и CO<sub>2</sub> и даже освещенность. Приборы сохраняют результаты измерений в памяти, могут передавать их в компьютер или распечатывать на специальном портативном принтере. Именно такая многофункциональность и обеспечивает популярность приборов Testo у специалистов, занимающихся контролем и мониторингом чистых производственных помещений.



Рис. 7. Многофункциональный измерительный прибор Testo 435



Рис. 8. Многофункциональный измерительный прибор Testo 445

В заключение следует отметить, что выше представлены лишь типичные и наиболее распространенные представители каждого типа приборов для измерения перепада давления. Пользователи чистых помещений могут использовать любые приборы, технические характеристики которых соответствуют таблицам, приведенным в разделе С стандарта ИСО 14644-3.

*Вы можете получить подробную консультацию по любым приборам, используемым для контроля чистых производственных помещений в соответствии со стандартом ИСО 14644-3, в компании «Клинрум Инструментс». Там же Вы можете заказать и приобрести эти приборы.*



**ООО «Клинрум Инструментс»**

Почтовый адрес: 123060 г. Москва, а/я 32  
 ☎ (495) 196-7727, 7594; ☎ (495) 196-7727  
<http://www.clri.ru>, e-mail: [clri@clri.ru](mailto:clri@clri.ru)

new

## Фильтровентиляционный модуль (ФВМ) от ЗАО «ФИЛЬТР»

Вариант с системой охлаждения



### • Простота монтажа фильтров

Уникальная система фиксации фильтра позволяет устанавливать и снимать его с минимальными затратами. (Только для моделей с уплотнением гель-герметиком).

### • Уровень шума

Уровень шума от ФВМ, оснащенного новым фильтром, на расстоянии 1 м не более 55 дБ(А) (при номинальной производительности).

### • Фильтр

ФВМ оснащаются высоко- и сверхвысокоэффективными фильтрами ФТОВ™ классов H12-U17 по ГОСТ Р 51251-99 и EN 1822.

### • Двигатель и управление

ФВМ оснащаются высокоэффективными двигателями с электронной коммутацией, питание которых осуществляется от однофазной сети переменного тока. Управление может быть как плавным, так и ступенчатым. Такое исполнение является простым и экономичным решением для множества задач. Использование электронно-коммутируемых двигателей с внешним ротором существенно уменьшает потребление электроэнергии при снижении тепловыделения двигателя. Управление двигателем включает в себя встроенное электронное коммутационное устройство, стандартный модуль управления и интерфейс RS-455. Связь модулей управления двигателем осуществляется витой парой через интерфейс.

### Адрес предприятия:

Российская Федерация, 249855, Калужская область, Дзержинский район, пос. Товарково, Промышленный мкр., д. 1

Тел.: +7 (48434) 4-10-10  
 e-mail: [filtr@ftov.ru](mailto:filtr@ftov.ru)

Факс: +7 (48434) 4-10-10  
 URL: [www.ftov.ru](http://www.ftov.ru)

