

# КОНТРОЛЬ УТЕЧКИ УСТАНОВЛЕННЫХ ВОЗДУШНЫХ ФИЛЬТРОВ В СИСТЕМЕ ВОЗДУХОПОДГОТОВКИ ЧИСТЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Юрген Блаттнер, Инженерное бюро BSR

Статья публикуется с разрешения редакции журнала ReinRaumTechnik, 1/2005

Перевод Курочкиной Г.И., научное редактирование Калечица В.И.

*Процедура проверки фильтра на наличие утечек (с использованием тестового аэрозоля) подтверждает правильность монтажа фильтров и отсутствие утечек во время работы системы. При этом метод проверки встроенных фильтров не следует путать с определением эффективности фильтров, которое проводится изготовителем фильтров (DIN EN 1822).*

Проверка установленных воздушных фильтров на наличие утечки представляет собой метод обнаружения возможных небольших дефектов или других повреждений в фильтрующей среде и месте ее герметизации, а также в уплотнениях корпуса фильтра или в системе крепления фильтра. Проверка фильтра на наличие утечек проводится следующим образом: на входе фильтра (т.е. со стороны неочищенного воздуха) распыляется тестовый аэрозоль, а на чистой стороне непосредственно рядом с поверхностью фильтра и его системой крепления с помощью прибора для измерения содержания частиц сканируют всю контролируемую поверхность или же после фильтра проводятся измерения интегрального воздушного потока со всей поверхности фильтра. Проведение проверки на наличие утечки является составной частью аттестации всех чистых

помещений. Проверка должна проводиться только обученным персоналом. Для проверки можно использовать только измерительные приборы, имеющие действующий сертификат о калибровке.

## Определения

- Проницаемость или коэффициент проскока:

*Процентное соотношение концентрации частиц, содержащихся в воздухе после фильтра, и концентрации частиц, направленных на фильтр со стороны неочищенного воздуха.*

- Эффективность очистки

*Процентное соотношение концентрации частиц, задержанных фильтром, и концентрации частиц, направленных на фильтр со стороны неочищенного воздуха.*

- Интегральное значение эффективности
- Усредненное значение эффективности, рассчитанное по всей поверхности потока воздуха через фильтрующий элемент при четко установленных условиях работы фильтра.*

- Локальное значение эффективности
- Эффективность в определенном месте фильтрующего элемента при четко установленных условиях работы фильтра.*

- Утечка (leak)

*Локально ограниченное место (в филь-*

*рующей среде, в месте ее герметизации, в раме фильтра, в уплотнении фильтра или в системе крепления), в котором превышено локальное значение эффективности очистки, установленное для данной системы фильтрации.*

## Материалы и приборы

В зависимости от требований проверка на наличие утечки должна проводиться с использованием двух счетчиков частиц, генератора тестового аэрозоля и соответствующей системы разбавления пробы воздуха. Используемые измерительные приборы должны пройти обязательную калибровку.

## Подготовка к проведению измерения

### ● Визуальный контроль

Если установленный новый фильтр проверяется впервые, следует провести тщательный визуальный контроль испытываемого фильтра и уплотнения по кромке фильтра. Особое внимание следует уделять:

- повреждениям профиля уплотнительной прокладки,
- различной высоте фильтра в углах (на точках опоры),
- уплотнению корпуса фильтра.

### Таблица 1

*Интегральная и локальная эффективность зависит от класса фильтра*

Класс фильтра по EN 1822	Интегральное значение эффективности, %	Локальное значение эффективности, %
H 13	99,95	99,75
H 14	99,995	99,975
U 15	99,999 5	99,997 5
U 16	99,999 95	99,999 75
U 17	99,999 995	99,999 90



*Проверка фильтра на наличие утечек с одновременным измерением содержания частиц в неочищенном воздухе*

Если фильтр установлен уже давно, визуальный контроль упрощается, при этом проверяются:

- повреждения фильтрующей среды,
- наличие потеков грязи.

### • Расчет полного времени сканирования

Взяв за основу скорость движения зонда вдоль поверхности 5,0 см/сек и используя стандартный измерительный зонд (Ø 3,65 см), можно рассчитать время движения вдоль поверхности фильтров разных размеров:

$$T_{\text{scan}} = \frac{L_f \times B_f}{(D_p - 0,5 \text{ см}) \times S_R \times 60 \text{ сек/мин}}$$

где:  $L_f$  – длина фильтра (см),

$B_f$  – ширина фильтра (см),

$D_p$  – размер зонда параллельно направлению сканирования (см), обычно 3,65 см,

$S_R$  – скорость движения зонда (см/сек), обычно 5 см/сек.

Время сканирования всей поверхности фильтра в минутах приведено в таблице 2.

Для фильтра размером 610 мм × 610 мм это значит, что при скорости движения зонда 5 см/сек и стандартном измерительном зонде (Ø 3,65 см) требуется 4 минуты, чтобы отсканировать фильтр, включая его раму.

### Проведение измерения

Рекомендуется проводить одновременное измерение концентрации частиц со стороны неочищенного воздуха (до фильтра) и со стороны чистого воздуха (после фильтра).

### • Получение тестового аэрозоля

Определение наличия утечки проводится с помощью сравнительного измерения концентрации частиц размером ≥ 0,3 мкм в очищенном и неочищенном воздухе. Для этого в неочищенном воздухе распыляют аэрозоль с необходимой концентрацией частиц. В качестве тестового аэрозоля можно использовать, например, полиальфаолефины (ПАО), ди-2-этилгексилсебацат (DEHS) или другие равноценные аэрозоли. Аэрозоль получают с помощью соответствующего генератора аэрозоля. Основное правило: использовать генераторы с максимально высокой скоростью генерации частиц и одновременно с минимальным диаметром генерируемых частиц. Средний размер частиц должен составлять примерно 0,3 мкм. Полученный аэрозоль инжeksiруется в систему вентиляции таким образом, чтобы обеспечить максимальное перемешивание аэрозоля с воздушным потоком перед

фильтром. Для этого тестовый аэрозоль инжeksiруют перед вентилятором или в воздуховод на расстоянии не менее 7 диаметров воздуховода перед фильтром.

### • Измерение концентрации частиц в неочищенном воздухе

Измерение концентрации частиц в неочищенном воздухе производится непосредственно перед фильтром при номинальном объемном расходе воздуха. При этом нельзя превышать предельное значение счетной концентрации, установленное для используемого измерительного прибора. Перед работой внимательно изучить инструкцию по эксплуатации прибора.

Концентрацию частиц тестового аэрозоля в неочищенном воздухе следует поддерживать по возможности на одинаковом уровне, в том числе и в том случае, когда одновременно измеряется содержание частиц и в чистом воздухе. Все измеренные значения концентрации частиц в неочищенном воздухе не должны отличаться друг от друга более чем на 25%. Требуемую концентрацию тестового аэрозоля  $C_c$  можно рассчитать по следующей формуле:

$$C_c = \frac{N_p \times S_R}{D_p \times F_a \times P_s \times K}$$

где:  $N_p$  – ожидаемое число частиц в месте утечки,

$S_R$  – скорость движения зонда вдоль поверхности фильтра в м/сек,

$D_p$  – размер зонда<sup>2</sup> в м,

$F_a$  – скорость пробоотбора счетчика частиц в м<sup>3</sup>/сек,

$P_s$  – допустимое интегральное значение коэффициента проскока,

$P_L$  – рассчитанное максимальное значение коэффициента проскока в точке утечки ( $P_L = P_s \times K$ )

$K$  – коэффициент, показывающий, насколько  $P_L$  может быть больше, чем  $P_s$ .

При постоянной скорости движения зонда вдоль поверхности 0,05 м/сек и скорости пробоотбора 28,3 л/мин (1 куб. фут/мин) получаются значения параметров, представленные в таблице 3.

### Измерение концентрации частиц в чистом воздухе

#### • Проведение измерения на фильтрах, расположенных на потолке

Если после фильтра, встроенного в потолок, установлен воздухораспределитель (диффузор), то проверка на наличие утечек производится со снятым воздухораспределителем. В некоторых случаях возможно втягивание в поток воздуха после фильтра частиц из помещения, что может привести к искажениям результатов измерения. В этом случае следует использовать защитный кожух (чехол) из пластмассы, который должен оградить весь периметр фильтра от воздушной среды помещения. Размеры таких вспомогательных приспособлений должны обеспечивать полный

**Таблица 2**

Время сканирования всей поверхности фильтра в минутах (округлено до целых минут)

Размер фильтра	305 мм	457 мм	610 мм	762 мм	1220 мм	1830 мм
305 мм	1	2	2	3	4	6
457 мм	2	3	3	4	6	9
610 мм	2	3	4	5	8	12
762 мм	3	4	5	7	10	15
1220 мм	4	6	8	10	16	24
1830 мм	6	9	12	15	24	36

**Таблица 3**

Класс фильтра, DIN EN 1822	Эффективность очистки, DIN EN 1822	$P_s$	$K$	$N_p [P]$	$C_c$ [частиц/м <sup>3</sup> ]	Число измеренных частиц	
						$C_{\text{утечки}}$ [частиц/сек]	$C_{\text{утечки}}$ [частиц/мин]
H 13	99,95%	□ 0,05%	10	5	≥ 3 520 000	8,3	500
H 14	99,995%	≤ 0,005%	10	5	≥ 35 200 000	8,3	500
U 15	99,999 5%	≤ 0,000 5%	30	3	≥ 70 400 000	5,0	300
U 16	99,999 5%	□ 0,000 05%	100	3	≥ 176 000 000	4,2	250
U 17	99,999 995%	≤ 0,000 005%	300	2	≥ 387 200 000	2,8	165

1 В соответствии со стандартом ISO 14644-3 движение зонда производится с частичным перекрытием предыдущей полосы сканирования. В данном случае подразумевается, что каждый проход при сканировании перекрывает предыдущий на 0,5 см (Прим. ред.).

2 Точнее, размер зонда в направлении, параллельном направлению сканирования. Следует иметь в виду, что стандарт ISO 14644-3 рекомендует проводить сканирование поверхности фильтра зондом прямоугольной формы с соотношением сторон 6 : 1 (Прим. ред.).

охват выходной поверхности фильтра. Отбор пробы проводится внутри защитного кожуха, который сворачивается конусом в направлении потока. Движение вдоль поверхности фильтра проводится следующим образом:

1. Измерительный зонд устанавливается в исходную позицию (под фильтрующей средой) и начинается измерение. Сначала сканируют корпус фильтра (его раму), углы и область уплотнения фильтра, а затем по частям (полосами) фильтрующую среду, каждый раз с перекрытием предыдущей части. Расстояние зонда от фильтрующей среды не должно превышать 2-5 см. Скорость движения составляет около 5 см/сек<sup>1</sup>. При правильном проведении измерения оно не должно занимать больше времени, чем было указано в приведенной выше таблице.

Точные значения предельно допустимой концентрации частиц после фильтра при интегральном измерении для фильтров класса Н 13 и Н 14 даны в таблице 4.

2. Стационарный подсчет частиц в месте их максимальной концентрации.

Если, например, при измерении у фильтра класса Н 13 значение проницаемости будет больше 0,25% (локальная значение эффективности для фильтра класса Н 13 составляет 99,75%), значит, в этом месте регистрируется утечка

(при концентрации частиц в неочищенном воздухе  $3 \times 10^6$  частиц размером  $\geq 0,3$  мкм/фут<sup>3</sup> это соответствует концентрации частиц в чистом воздухе 7 500 частиц размером  $\geq 0,3$  мкм/фут<sup>3</sup>). Точные данные предельно допустимой концентрации частиц после фильтра при локальном измерении даны в таблице 5.

#### • Проведение измерения для фильтров, установленных в воздуховодах

Этот способ можно использовать для оценки работы фильтров, установленных в воздуховодах и имеющих класс Н 14 и ниже. Принцип проведения из-

мерения такой же, как и для фильтров, установленных на потолке, с тем лишь отличием, что на чистой стороне невозможно движение вдоль поверхности фильтра. В этом случае измерение интегральной концентрации аэрозоля после фильтра проводится с помощью пробоотборных трубок. Перед проведением самого измерения пробоотборные трубки следует тщательно промыть. Но чувствительность этого метода обнаружения утечек гораздо ниже, чем у описанного выше метода измерения на фильтрах, расположенных на потолке.

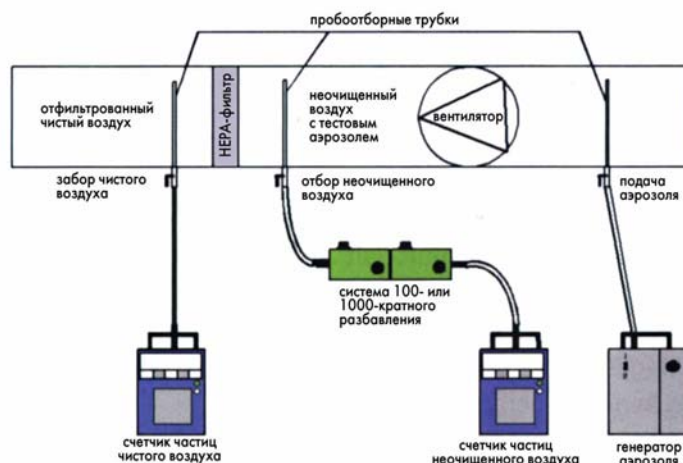
Проверку утечки необходимо проводить при номинальном расходе воздуха через фильтр. Концентрация частиц в неочищенном воздухе должна быть достаточной, чтобы иметь возможность получить концентрацию частиц на чистой стороне, обеспечивающую статистически достоверные результаты. Затем вычисляется соотношение концентраций частиц в неочищенном воздухе и после фильтра (эффективность очистки) и сравнивается с паспортной характеристикой фильтра. Если соотношение измеренного и паспортного интегрального значения коэффициента проскока превышает коэффициент 5, значит, на фильтре есть утечка.

#### Действия при локализации утечки

При обнаружении утечки необходимо информировать специалиста, отвечающего за работу установки. Далее нужно определить, подлежит ли фильтр ремонту или замене. В случае ремонта следует помнить: все места ремонта (включая ремонт, произведенный изготовителем) не должны превышать 5% поверхности фильтра.

#### Результат

Если при измерении не были обнаружены места утечки, отсутствие утечек считается доказанным. При обнаружении утечки регистрируются место утечки, дальнейшие действия и результат последующей проверки места устраненной утечки.



Точные значения предельно допустимой концентрации частиц после фильтра при интегральном измерении для фильтров класса Н 13 и Н 14

Концентрация частиц размером $\geq 0,3$ мкм в неочищенном воздухе, [1/фут <sup>3</sup> ]	Максимальное допустимое количество частиц размером $\geq 0,3$ мкм при интегральном измерении [1/фут <sup>3</sup> ]	
	для класса Н 13	для класса Н 14
1 000 000	500	50
2 000 000	1 000	100
3 000 000	1 500	150
4 000 000	2 000	200
5 000 000	2 500	250
6 000 000	3 000	300

Точные данные предельно допустимой концентрации частиц после фильтра при локальном измерении

Концентрация частиц размером $\geq 0,3$ мкм в неочищенном воздухе, [1/фут <sup>3</sup> ]	Максимальное допустимое количество частиц размером $\geq 0,3$ мкм при локальном измерении [1/фут <sup>3</sup> ]	
	для класса Н 13	для класса Н 14
1 000 000	2 500	250
2 000 000	5 000	500
3 000 000	7 500	750
4 000 000	10 000	1 000
5 000 000	12 500	1 250
6 000 000	15 000	1 500

<sup>1</sup> Стандарт ISO 14644-3 не рекомендует устанавливать скорость сканирования более 8 см/сек, так как в противном случае при движении зонда возникают турбулентные завихрения (Прим. ред.).