



Алгоритм выбора элементов системы поддержания давления в чистых помещениях

А. А. Бородкин, технический директор компании ООО «Инженерное бюро ВИНДЭКО»

Ключевые слова: чистое помещение, фильтр, класс фильтра, падение давления, расход воздуха

В таких отраслях, как аэрокосмическая, микроэлектронная, фармацевтическая и пищевая, производство медицинских изделий и здравоохранение, то есть там, где необходимо осуществление высокотехнологичных операций, предъявляются повышенные требования к обеспечению качества воздушной среды в чистых помещениях. Чтобы снизить поступление микрзагрязнений из пространства, окружающего чистое помещение, применяются определенные архитектурно-планировочные решения. Снижению поступления вредностей из соседних помещений также способствует поддержание избыточного давления в чистом помещении.

Построение систем поддержания каскада давления в чистых и «грязных» помещениях, особенно при наличии местных вытяжек, представляет некоторую сложность.

Как правило, разногласий о типе устройств для поддержания давления и расходов не возникает, – это VAV по давлению и CAV*. Первый вопрос, который возникает у проектировщика: где рациональнее размещать VAV по давлению – на притоке (соответственно, CAV на вытяжке) или на вытяжке? Для помещений с местными вытяжками разногласий быть не может. VAV по давлению целесообразно размещать на вытяжке. В этом случае при подключении местных отсосов не будет необходимости для поддержания давления увеличивать в помещении расход приточного воздуха на величину расхода местных отсосов. Типичная схема построения системы с размещением VAV по давлению на притоке в чистое помещение представлена на рис. 1.

Второй вопрос – это точка, относительно которой поддерживается давление в помещении. Целесообразно один датчик размещать в помещении, а второй – в коридоре при условии, что в нем нет значительных притоков или оттоков воздуха.

Процедура выбора рабочей точки приточного и вытяжного вентиляторов, типоразмеров

и количества фильтров, размеров VAV и CAV основывается на уравнении баланса давлений для притока и вытяжки.

Приток:

$$\Delta P_{\text{вент}} - \Delta P_{\text{помещ}} = \Delta P_{\text{фильтр}} + \Delta P_{\text{диффузор}} + \Delta P_{\text{CAV}}, \quad (1)$$

где $\Delta P_{\text{вент}}$ – напор вентилятора на входе в фильтры;
 $\Delta P_{\text{помещ}}$ – избыточное давление или подпор относительно коридора;

$\Delta P_{\text{фильтр}}$ – падение давления на фильтрах;

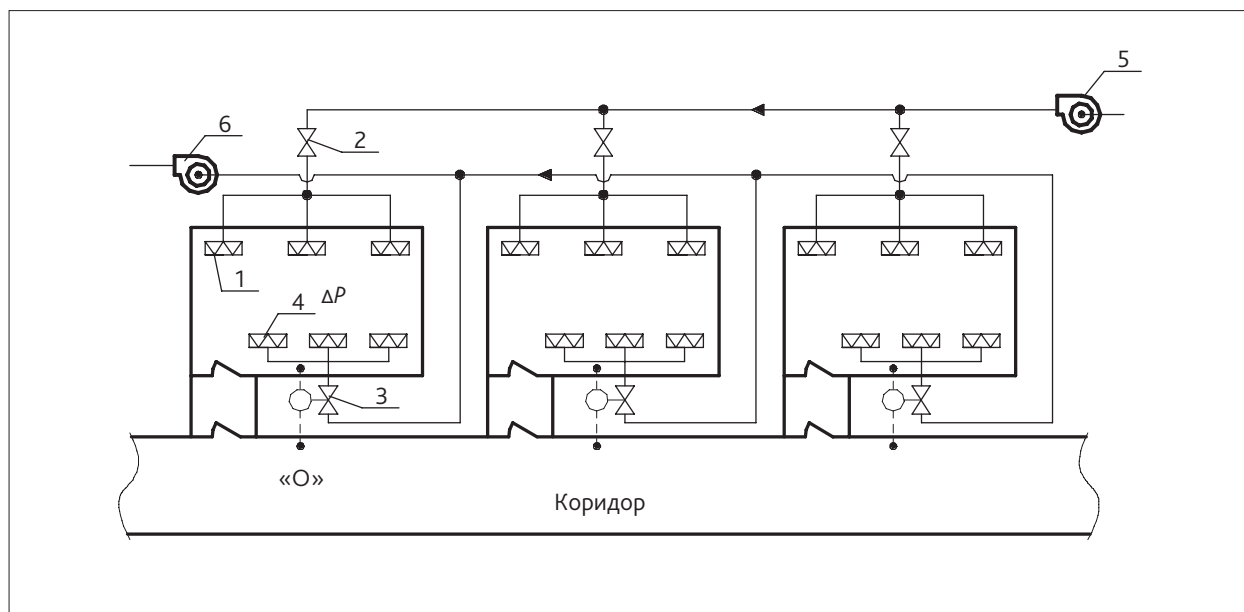
$\Delta P_{\text{диффузор}}$ – падение давления на диффузорах, установленных непосредственно в терминальном фильтре;

ΔP_{CAV} – падение давления на CAV.

Из логики функционирования следует, что при максимально допустимом падении давления на фильтрах («грязных») падение давления на CAV должно быть минимальным. Здесь и далее под чистым фильтром будем понимать фильтр в начале эксплуатации, а под «грязным» – тот же фильтр в конце эксплуатации. Что касается VAV, то производитель рекомендует минимально допустимое падение давления на CAV не менее 50 Па.

Если представить падение давления на фильтре в виде

$$\Delta P_{\text{фильтр}} = C_{\text{ф}} \cdot (V/N),$$



■ Рис. 1. Схема построения системы с размещением VAV по давлению на притоке в чистое помещение; 1 – терминальный фильтр; 2 – CAV; 3 – VAV по давлению; 4 – шлюз; 5 – приточный вентилятор; 6 – вытяжной вентилятор

* Система вентиляции с постоянным расходом воздуха – Const Air Volume (CAV).
 Система вентиляции с переменным расходом воздуха – Variable Air Volume (VAV).

Таблица 1

| Размер фильтра | Класс фильтра | | Падение давления, Па |
|----------------|---------------------------|-----|----------------------|
| | H11 | H13 | |
| | Расход, м ³ /ч | | |
| 535×535×78 | 850 | 465 | 600 |
| 535×535×150 | 1585 | 870 | |

Таблица 2

| Размер фильтра | Класс фильтра | |
|----------------|----------------------|-----|
| | H11 | H13 |
| | Падение давления, Па | |
| 535×535×78 | 250 | 125 |
| 535×535×150 | | 145 |

$$\Delta P_{\text{диффузор}} = C_{\text{д}} \cdot (V/N)^2$$

где $C_{\text{ф}}$, $C_{\text{д}}$ – константы;

V – объемный расход воздуха;

N – количество фильтров.

В настоящее время широкое распространение получили так называемые терминальные фильтры. Конструктивно они представляют собой специальный пленум с поверхностями внутри для герметизации HEPA-фильтра в процессе монтажа. Терминальные боксы могут оснащаться различного вида диффузорами: вихревыми, веерными или жалюзийными решетками. Для помещений небольшого размера интерес представляют вихревые диффузоры с размерами лицевой поверхности 600×600 и количеством отверстий 24 (600×24). В зависимости от высоты терминального фильтра могут применяться различные фильтры как по классу – H11 или H13, так и по глубине. Для диффузора 600×24 применяются фильтры размерами 535×535×78 или 535×535×150. В табл. 1 представлены характеристики «грязных», а в табл. 2 – чистых фильтров. Расходы воздуха через «грязный» и чистый фильтры равны, изменяется только падение давления. Что касается характеристик диффузора 600×24, они следующие: расход воздуха – 540 м³/ч, потери давления – 19 Па, и являются паспортными параметрами.

Если выбрать фильтр, например H11, размер 535×535×78, можно определить значения констант

$C_{\text{ф}}$ «грязного» и чистого фильтров, а также $C_{\text{д}}$ диффузора (табл. 3).

Для помещения объемом 300 м³ при кратности воздухообмена 20 потребный расход приточного воздуха будет равен 6000 м³/ч. С учетом расхода воздуха, раздаваемого единичным выбранным фильтром (850 м³/ч), количество терминальных фильтров равно семи. Для снижения капитальных затрат рекомендуем использовать не семь круглых CAV, а один прямоугольный. В расчете принят CAV с сечением на проход 600×400.

Если принять во внимание, что от коридора чистое помещение отделено тамбур-шлюзом, оснащенным двумя одинаковыми герметичными дверями, то неизменно появляется инфильтрация, направленная либо в помещение, либо в коридор. Направление движения определяется избыточным давлением или подпором помещения относительно коридора.

Для расчета величины инфильтрационного воздуха можно воспользоваться соотношением

$$V = A \cdot m \cdot 3600 \sqrt{\frac{\Delta P_{\text{помещ}}}{\rho}}, \quad (2)$$

где A – эффективная поверхность двери в шлюзе;

m – коэффициент (0,72);

ρ – плотность воздуха.

Таблица 3

| | | |
|------------------|----------------|-----------|
| «Грязный» фильтр | $C_{\text{ф}}$ | 7,06E-01 |
| Чистый фильтр | | 2,94E-01 |
| Диффузор | $C_{\text{д}}$ | 6,50E-005 |

Таблица 4

| Оборудование | Размер, мм | Класс | ΔP , Па | V , м ³ /ч | C | N , шт. |
|------------------|------------|-------|-----------------|-------------------------|----------|-----------|
| Решетка | 600×400 | G3 | 30 | 1238 | 1,96E-05 | 5 |
| Чистый фильтр | | | 75 | 1238 | 6,06E-02 | 5 |
| «Грязный» фильтр | | | 170 | – | 1,37E-01 | – |

В выражении (2) учтено, что помещение отделено от коридора шлюзом с двумя дверями.

В случае избыточного давления, равного $\Delta P_{\text{помещ}} = +20$ Па, с учетом инфильтрации воздуха расход воздуха на входе в помещение составит 5844 м³/ч. Соответствующее значение напора воздуха на входе в САУ составит 750 Па. Чтобы определить напор, развиваемый приточным вентилятором, достаточно к названному выше значению добавить потери давления по сети. Так как в процедуре были вычислены потери давления на диффузорах, фильтрах и САУ и соответствующие величины расходов, не представляет труда вычислить коэффициенты гидравлического сопротивления диффузора и САУ, которым соответствуют определенные уровни мощности шума. Так, уровень шума диффузора 600×400–44 дБ (А), а САУ – 70 и 55 дБ (А) для чистого и «грязного» фильтров соответственно.

Также можно воспользоваться выражением (1) для расчета параметров элементов вытяжного воздуха.

На первом шаге определяем величину разрежения, развиваемого вытяжным вентилятором.

Принимаем сечение VAV равным сечению САУ, т.е. 600×400. Расчет выполняется для минимального расхода воздуха: расход местных отсосов максимален, и фильтры «грязные». Ограничим величину минимально допустимого угла раскрытия створок

VAV величиной 10 град. При заданных расходе и угле легко определить падения давления на VAV. В случае, когда на вытяжке используются фильтры и диффузоры, отличные от притока, то, задав расход воздуха на фильтре и сопротивление «грязного» и чистого фильтров, а также расход и падение давления на вытяжном ВРУ, определяем константы фильтра и воздухораспределительного устройства (ВРУ). После чего можно определить величину разрежения, развиваемого вытяжным вентилятором. Необходимые для расчета параметры ВРУ и фильтров приведены в табл. 4.

При заданных параметрах элементов вытяжки разрежение, создаваемое вытяжным вентилятором, оказалось равным –178 Па. Максимальная величина уровня мощности шума VAV достигается при чистом фильтре и нулевом расходе местной вытяжки.

Используя предлагаемую процедуру и реализовав ее в EXCEL, можно оперативно подбирать и контролировать характеристики элементов чистых и «грязных» комнат.

В том случае, когда к магистральным приточному и вытяжному воздуховодам подключается более одного помещения, используя предлагаемый алгоритм, выбирается помещение с максимальной величиной напора приточного вентилятора и максимальным разрежением. Полученные значения вводятся как входные параметры для других помещений. □

Реклама

Книги АВОК – загрузи и читай!

Теперь наши книги можно купить и в электронном виде

- заходите на сайт www.abokbook.ru
- ищите значок pdf
- загружайте на свои компьютеры, планшеты, телефоны

Преимущества электронного формата:

- быстрое получение
- дружелюбный интерфейс
- удобный поиск
- возможность печати

www.abokbook.ru

Системные требования – любое цифровое устройство с установленной программой AdobeReader.

