**Практическое занятие №2**

**Расчет пористых металлических фильтров**

**для очистки выбросов от пыли**

**Вводная часть**

Фильтры широко используются для тонкой очистки промышленных выбросов. Процесс фильтрации основан на задержании частиц примесей в пористых перегородках при движении дисперсных систем через них. Фильтры применяются для очистки выбросов от пыли (с концентрацией до 150 мг/м3), очистки воздуха, подаваемого в помещения (кондиционирования), очистки жидкостей от примесей и др. Эффективность очистки фильтрами зависит от размера частиц (dч) и их скорости (υ), размера пор (dп), состояния поверхности фильтроэлемента и параметров газового потока.

Фильтры можно классифицировать по типу перегородки, конструкции и назначению. В фильтрах применяются перегородки различных типов:

1) полужесткие пористые материалы (вязаные сетки, прессованные спирали и стружка;

2) жесткие пористые материалы (пористая керамика и металлы).

3) гибкие пористые материалы (ткани, войлок, губчатая резина);

4) зернистый слой (гравий, песок);

Фильтры 1 и 2 группы (рис. 2.1) представляет собой корпус 1, разделенный пористой перегородкой 2. Задержанные частицы загрязнителя на поверхности перегородки образуют слой 3 и становятся частью фильтровой перегородки. Задерживание частиц происходит в результате эффекта касания, диффузионного, инерционного и гравитационного процессов. Через некоторое время возникает необходимость удаления осадка, т.е. регенерация фильтра, так как по мере накопления частиц пористость уменьшается, а сопротивление увеличивается.

Из фильтров третьего типа наиболее употребительны тканевые рукавные фильтры. В корпусе фильтра устанавливаются необходимое число рукавов, на которые подается запыленный воздух. Воздух проникает через ткань, а частицы пыли задерживаются. Через определенные время рукава продувают и встряхивают. Эффективность очистки достигает 0,99 для частиц размером более 0,5 мкм.

Процесс фильтрации характеризуется следующими параметрами: эффективность очистки; тонкость очистки; пористость; скорость фильтрации; пропускная способность; гидравлическое или аэродинамическое сопротивление.

Абсолютная тонкость очистки – это максимальный размер частиц, прошедших через фильтр. Номинальная тонкость очистки – это размер частиц, для которых фракционная эффективность очистки равна 0,97. Предпочтительный ряд: 1; 2; 5; 10; 16; 25 мкм и т.д.

Пористостью фильтрэлемента называется отношение объема пустот (Vп) к полному объему фильтрэлемента (V): П=Vп/V.

Скорость фильтрации – это отношение объемного расхода Q (м3/с) очищаемого вещества к площади фильтрующей поверхности F (м2): w=Q/F, м/с.

Удельная массовая пропускная способность фильтра: G=wρ, кг/(м2с), где

ρ - плотность очищаемого вещества, кг/м3.

Гидравлическое (аэродинамическое) сопротивление фильтра – это разность давлений на входе и выходе фильтра: ΔP=Pвх-Pвых.

При проектировании назначается начальное и конечное сопротивление фильтра. При достижении конечного сопротивления процесс фильтрации прекращается и фильтр подвергается регенерации.

**Методика расчета**

1. Выбирают материал для изготовления фильтрэлемента, исходя из условия эксплуатации фильтра, прочностных, коррозионных характеристик материала и экономичных соображений (или по варианту).

2. Определяют максимальный размер пор:

dп макс=3 dто абс, мкм, (2.1)

где dто абс - абсолютная тонкость очистки, мкм.

3. Определяют средний размер пор:

dп ср=1,25dп максП0,3, мкм, (2.2)

где П - пористость фильтрэлемента.

4. Определяют размер частиц порошка для изготовления фильтрэлемента:

dч ср=dп ср/П2, мкм. (2.3)

5. Назначают толщину фильтрэлемента h по технологическим и прочностным соображениям в пределах 0,25-5мм (обычно – 1мм).

6. Находят скорость потока в порах:

$w\_{n}=\frac{ΔP\_{нач}×d\_{п.ср}^{2}}{208×h×μ}$, м/с, (2.4)

где ΔPнач – начальное сопротивление фильтра, Па; μ - вязкость фильтруемого вещества, Па с.

7. Определяют площадь фильтрации:

$F=\frac{Q}{w\_{n}×П}$, м2. (2.5)

8. Определяют расчетное конечное сопротивление фильтра:

$∆P\_{кон.р.}=\frac{∆P\_{нач}}{h}\left[\left(1-e^{-X}\right)×\left(\frac{e^{Y}-1}{A×B}\right)+h\right]$, Па, (2.6)

где X=A$×$B$×$h; Y=A$×$qвх$×$τ; qвх=cвх/ρч; $B=\frac{\left(1-П\_{о}\right)П}{w\_{ф}}$, с/м; wф=П$×$wп, м/с; А – опытный коэффициент, зависящий от размеров частиц и размеров пор: для очистки газов A=5,25$×$103 c-1, для очистки жидкостей A = 10 c-1; τ – время работы фильтра, с; qвх – объемное содержание твердых частиц в фильтруемом веществе на входе фильтра; cвх – концентрация загрязнителя, кг/м3; ρч – плотность частиц загрязнителя, кг/м3; wф – скорость, м/с; По – пористость осадка(смотрите задание)

9. Определяют максимально допустимое время работы фильтра (если ΔPкон.р. отличается от заданного ΔPкон):

$τ\_{М}=\frac{1}{A×q\_{вх}}×ln\left[1+\frac{∆P\_{кон.р.}}{∆P\_{нач}}×\frac{X}{1-e^{-X}}\right]$*,* с (2.7)

10. Определяют эффективность очистки:

$η=\frac{q\_{вх}-q\_{вых}}{q\_{вх}}×100\%$, (2.8)

где $q\_{вых}=\frac{1}{A×τ\_{М}}×ln\left(\frac{e^{Z}+e^{X}-1}{e^{X}}\right)$; Z=A$×$qвх$×$τм.

Если конечные данные (например, эффективность очистки) не удовлетворяют требованиям, то расчет производят вновь, изменив размеры фильтрэлемента или структурные свойства материала.

Примечание: Единицы измерения величин в формулах необходимо перевести в одну систему: 1 час = 3600 с; 1 с = 1/3600 час; 1 мкм = 10-6 м; 1 мм = 10-3 м; 1 мг = 10-6 кг; 1 кПа – 103 Па.

**Задание.** Рассчитать параметры пористого металлического фильтра для очистки воздуха от пыли глинозема, при нормальном атмосферном давлении (Ратм=100 кПа) и температуры воздуха 20°C. Начальное сопротивление фильтра ΔPнач=10 кПа. Плотность частиц загрязнителя ρч=3,9×103 кг/м3. Пористость осадка ПО=0,5. Вязкость воздуха при 20°C: μ=18×10-6 Па×с. Другие исходные данные по вариантам представлены в табл. 2.1: расход воздуха Q; концентрация пыли в воздухе cвх; требуемая тонкость очистки dто абс; наибольшее допустимое (конечное) сопротивление фильтра ΔPкон; время непрерывной работы фильтра τ.

Таблица 2.1

Исходные данные (варианты)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Q м3/ч | cвх, мг/м3 | dто абс, мкм | ΔPкон, кПа | τ, ч | Пористый материал | Форма частиц | П | h,мм |
| 1 | 150 | 5 | 5 | 20 | 50 | Бронза | Сфера | 0,33 | 1 |
| 2 | 160 | 10 | 4 | 25 | 45 | Ст50ХГ | Сфера | 0,25 | ,07 |
| 3 | 120 | 15 | 3 | 15 | 40 | Ст50ХГ | 80%Сф | 0,30 | 0,5 |
| 4 | 140 | 20 | 10 | 20 | 35 | Ст50ХГ | 20%Сф | 0,28 | 2 |
| 5 | 100 | 25 | 16 | 15 | 30 | Ст50ХГ | Лепестковая | 0,26 | 3 |
| 6 | 130 | 30 | 25 | 20 | 25 | Ст50ХГ | Лепестковая | 0,24 | 4 |
| 7 | 170 | 35 | 10 | 25 | 20 | Железо | Тарельчатая | 0,38 | 2 |
| 8 | 100 | 40 | 16 | 15 | 15 | Железо | Тарельчатая | 0,42 | 3 |
| 9 | 180 | 45 | 25 | 20 | 10 | Бронза | Сфера | 0,35 | 4 |
| 10 | 150 | 5 | 5 | 20 | 50 | Бронза | Сфера | 0,33 | 1 |
| 11 | 160 | 10 | 4 | 25 | 45 | Ст50ХГ | Сфера | 0,25 | ,07 |
| 12 | 120 | 15 | 3 | 15 | 40 | Ст50ХГ | 80%Сф | 0,30 | 0,5 |
| 13 | 140 | 20 | 10 | 20 | 35 | Ст50ХГ | 20%Сф | 0,28 | 2 |
| 14 | 100 | 25 | 16 | 15 | 30 | Ст50ХГ | Лепестковая | 0,26 | 3 |
| 15 | 130 | 30 | 25 | 20 | 25 | Ст50ХГ | Лепестковая | 0,24 | 4 |
| 16 | 170 | 35 | 10 | 25 | 20 | Железо | Тарельчатая | 0,38 | 2 |
| 17 | 100 | 40 | 16 | 15 | 15 | Железо | Тарельчатая | 0,42 | 3 |
| 18 | 180 | 45 | 25 | 20 | 10 | Бронза | Сфера | 0,35 | 4 |
| 19 | 150 | 5 | 5 | 20 | 50 | Бронза | Сфера | 0,33 | 1 |
| 20 | 160 | 10 | 4 | 25 | 45 | Ст50ХГ | Сфера | 0,25 | ,07 |
| 21 | 120 | 15 | 3 | 15 | 40 | Ст50ХГ | 80%Сф | 0,30 | 0,5 |
| 22 | 140 | 20 | 10 | 20 | 35 | Ст50ХГ | 20%Сф | 0,28 | 2 |
| 23 | 100 | 25 | 16 | 15 | 30 | Ст50ХГ | Лепестковая | 0,26 | 3 |
| 24 | 130 | 30 | 25 | 20 | 25 | Ст50ХГ | Лепестковая | 0,24 | 4 |
| 25 | 170 | 35 | 10 | 25 | 20 | Железо | Тарельчатая | 0,38 | 2 |

**Контрольные вопросы.**

1. Сущность процесса фильтрации.

2. Классификация фильтров по типу перегородки.

3. Параметры, характеризующие процесс фильтрации.

4. Что означает максимальное время работы фильтра?