*Лабораторная робота № 4*

РОЗРАХУНОК ЦИКЛОН

*Завдання: Розрахувати циклон відповідно до заданого варіантом*

*(табл. 1).*

*Таблицяа 1*

Вихідні дані

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер варианта | Материал  пыли | Плотность  частиц , кг/м3 | Степень поли-дисперсности  пыли lg | Расход газа  Q, м3/с | Концентрация пыли на входе циклона Свх, г/м3 |
| 1 | Зола | 2200 | 0,527 | 0,2 | 11,234 |
| 2 | - « - | - « - | - « - | 0,4 | - « - |
| 3 | - « - | - « - | - « - | 0,6 | - « - |
| 4 | - « - | - « - | - « - | 0,8 | - « - |
| 5 | - « - | - « - | - « - | 1,0 | - « - |
| 6 | Известняк | 2650 | 0,384 | 0,2 | 0,780 |
| 7 | - « - | - « - | - « - | 0,4 | - « - |
| 8 | - « - | - « - | - « - | 0,6 | - « - |
| 9 | - « - | - « - | - « - | 0,8 | - « - |
| 10 | - « - | - « - | - « - | 1,0 | - « - |
| 11 | Мел | 2200 | 0,422 | 0,2 | 23,269 |
| 12 | - « - | - « - | - « - | 0,4 | - « - |
| 13 | - « - | - « - | - « - | 0,6 | - « - |
| 14 | - « - | - « - | - « - | 0,8 | - « - |
| 15 | - « - | - « - | - « - | 1,0 | - « - |
| 16 | Кварц | 2650 | 0,405 | 0,2 | 1,830 |
| 17 | - « - | - « - | - « - | 0,4 | - « - |
| 18 | - « - | - « - | - « - | 0,6 | - « - |
| 19 | - « - | - « - | - « - | 0,8 | - « - |
| 20 | - « - | - « - | - « - | 1,0 | - « - |
| 21 | Цемент | 2900 | 0,468 | 0,2 | 16,230 |
| 22 | - « - | - « - | - « - | 0,4 | - « - |
| 23 | - « - | - « - | - « - | 0,6 | - « - |
| 24 | - « - | - « - | - « - | 0,8 | - « - |
| 25 | - « - | - « - | - « - | 1,0 | - « - |
| 26 | Уголь | 1350 | 0,334 | 0,2 | 5,240 |
| 27 | - « - | - « - | - « - | 0,4 | - « - |
| 28 | - « - | - « - | - « - | 0,6 | - « - |
| 29 | - « - | - « - | - « - | 0,8 | - « - |
| 30 | - « - | - « - | - « - | 1,0 | - « - |
| Для всех вариантов: 1) газовая среда – воздух;  2) плотность газа *ρ* = 1,293 кг/м3;  3) динамическая вязкость газа *μ* = 0,0173×10-3 Па∙с. | | | | | |

На підприємствах застосовують циклони різних типів. Найбільшого поширення набули циліндричні і конічні циклони НИИОГАЗ.

До циліндричним циклонів НИИОГАЗ відносяться апарати типу ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У і ЦН-24. Відмінною особливістю цих апаратів є подовжена циліндрична частина корпусу. Вхідний патрубок розташований під кутом 11, 15 і 24о до горизонталі.

До конічним циклонів НИИОГАЗ відносяться апарати типів СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34 і СК-ЦН-34М. Вони відрізняються від циклонів типу ЦН довжиною конічної частини і наявністю спірального вхідного патрубка.

Циліндричні циклони відносяться до високопродуктивним, а конічні - до високоефективних апаратів.

Діаметр циліндричних циклонів зазвичай не перевищує 2000 мм, а діаметр циліндричної частини конічних - 3000 мм.

Циліндричні циклони НИИОГАЗ характеризуються такими особливостями:

- ЦН-24 (вхідний патрубок розташований під кутом α = α = 24о); цей тип забезпечує підвищену продуктивність при мінімальному гідравлічному опорі; призначений для уловлювання крупного пилу;

- ЦН-15 (α = 15о); цей тип забезпечує хорошу ступінь уловлювання при порівняно невеликому гідравлічному опорі;

- ЦН-11 (α = 11о); цей тип забезпечує підвищену ефективність і рекомендується в якості уніфікованого пиловловлювача.

Схема циліндричного циклону представлена на рис. 1.

Запилений газ вводиться в циліндричну частину корпуса 1 через вхідний патрубок 2 тангенциально зі швидкістю 20-30 м / с. Завдяки тангенціальному вводу він набуває обертальний рух навколо вихлопної труби 3. Частинки пилу під дією відцентрової сили відкидаються до стінок корпусу і під дією гравітаційних сил спиралеобразно опускаються до збірки пилу (на схемі не показаний). Очищений газ викидається з циклону через вихлопну трубу 3 і прямує в трубопровід для відводу очищеного газу.

Очищений газ

3 2

Запилений газ

D

1

Пил

1 – корпус; 2 – вхідний патрубок; 3 – вихлопна труба

Рис. 1. Схема циліндричного циклону

Розрахунок циклонів ведуть методом послідовних наближень в наступному порядку [2].

1. Вибирають тип циклону (ЦН-24, ЦН-15, ЦН-11).

2. Вибравши тип циклону, визначають оптимальну швидкість газу опт, м/с, в перерізі циклону (табл. 2).

3. Визначають діаметр D, м, циклону за формулою:

, (1)

де Q - об'ємна витрата газу, що очищається, м3/с (табл.1).

З урахуванням числа циклонів n вираз (1) набуде вигляду:

 (2)

Отриманий діаметр циклону округлюють до найближчого типового значення внутрішнього діаметра циклону з ряду: 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000., 2400 і 3000 мм.

Якщо розрахунковий діаметр циклону перевищує його максимально допустиме значення, то необхідно застосовувати два або більше паралельно встановлених циклону, діаметр яких визначається за формулою (2).

4. за обраному діаметру циклону знаходять дійсну швидкість газу в циклоні , м/с:

 , (3)

Дійсна швидкість газу в циклоні не повинна відхилятися більш ніж на 15% від оптимальної швидкості *ωопт*.

5. Визначають коефіцієнт гідравлічного опору *ξ* циклону або групи циклонів:

, (4)

где *k1* – поправочний коефіцієнт, що залежить від діаметра циклону

(табл. 3);

*k2* – поправочний коефіцієнт, що враховує запиленість газу

(табл. 4);

*k3* – оефіцієнт, що враховує додаткові втрати тиску, пов'язані з компонуванням циклонів в групу (для одиночних циклонів *k3* = 0);

- оефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону діаметром 500 мм (табл.5); напрямок вихлопу приймається виходячи з вимог охорони навколишнього середовища, безпеки, технології та ін.

6. Визначають втрати тиску в циклоні , н/м2:

, (5)

де *ρ* - щільність газу, що проходить через циклон, кг/м3 (табл. 1).

7. Визначають діаметр частинок, що вловлюються на 50 %, *d50* :

, (6)

де індекс "T" означає стандартні умови роботи типового циклону [2]:

-  знаходиться по табл. 2;

* діаметр циклону *DT* = 0,6 м;
* середня швидкість газу у циклоні = 3,5 м/с;
* щільність частиць = 1930 кг/м3;
* динамічна в'язкість газу = 0,022×10-3 Па∙с.

8. Визначають ефективність очищення газу в циклоні *η*:

= 0,5 [1 + *Ф(х)*], (7)

где *Ф(х)* – табличная функція від параметра *х* (табл. 6).

Параметр х можна знайти наступним чином:

, (8)

где - дисперсія функції фракційної ступеня очищення 

(табл. 2);

- ступінь полідисперсності пилу (табл. 1).

В залежно від значення х знаходять функцію розподілу *Ф(х)* по табл. 6.

*Таблица 2*

Параметри, що визначають ефективність циклонів [2]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Тип циклона | | |
| ЦН-24 | ЦН-15 | ЦН-11 |
| *d50т*, мкм | 8,50 | 6,00 | 3,65 |
| *lg* *ση* | 0,308 | 0,352 | 0,352 |
| *ωопт*, м/с | 4,5 | 3,5 | 3,5 |

*Таблица 3*

Значення поправочного коефіцієнта *k1* [2]

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  циклона | Диаметр циклона *D*, мм | | | | |
| 150 | 200 | 300 | 450 | 500 |
| ЦН-11 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,99 | 1,0 |
| ЦН-15, ЦН-24 | 0,85 | 0,90 | 0,93 | 1,0 | 1,0 |

*Таблица 4*

Значення поправочного коефіцієнта *k2* [2]

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип  циклона | Концентрация пыли на входе циклона *свх* , г/м3 | | | | | | |
| 0 | 10 | 20 | 40 | 80 | 120 | 150 |
| ЦН-11 | 1 | 0,96 | 0,94 | 0,92 | 0,90 | 0,87 | - |
| ЦН-15 | 1 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,87 | 0,86 |
| ЦН-24 | 1 | 0,95 | 0,93 | 0,92 | 0,90 | 0,87 | 0,86 |

*Таблица 5*

Значення коефіцієнтів опору циклонів*ξ500* (*D* = 500 мм)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип  циклона | Коэффициент сопротивления *ξ500* | |
| при выхлопе в атмосферу | при выхлопе в гидравлическую сеть |
| ЦН-11 | 245 | 250 |
| ЦН-15 | 155 | 163 |
| ЦН-24 | 75 | 80 |

*Таблица 6*

Значення нормальної функції розподілу *Ф(х)* [2]

|  |  |
| --- | --- |
| *х* | *Ф(х)* |
| - 2,6 | 0,0047 |
| - 2,4 | 0,0082 |
| - 2,2 | 0,0139 |
| - 2,0 | 0,0228 |
| - 1,8 | 0,0359 |
| - 1,6 | 0,0548 |
| - 1,4 | 0,0808 |
| - 1,2 | 0,1151 |
| - 1,0 | 0,1587 |
| - 0,8 | 0,2119 |
| - 0,6 | 0,2743 |
| - 0,4 | 0,3446 |
| - 0,2 | 0,4207 |
| 0 | 0,5000 |
| 0,2 | 0,5793 |
| 0,4 | 0,6554 |
| 0,6 | 0,7257 |
| 0,8 | 0,7881 |
| 1,0 | 0,8413 |
| 1,2 | 0,8849 |
| 1,4 | 0,9192 |
| 1,6 | 0,9452 |
| 1,8 | 0,9641 |
| 2,0 | 0,9772 |
| 2,2 | 0,9861 |
| 2,4 | 0,9918 |
| 2,6 | 0,9953 |

*Зміст звіту*

*Звіт по практичній роботі повинен містити:*

*1) титульний аркуш (додаток А );*

*2) завдання з вихідними даними;*

*3) схему циклону;*

*4) розрахунок циклону;*

*5) висновки.*