

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

Кафедра ХІМІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

**ІНСТРУКЦІЯ
до лабораторної роботи №6
"ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ОЧИЩЕННЯ ГАЗУ"**

Львів 2013

1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У багатьох галузях хімічної технології під час зберігання, складування і транспортування щитоподібних матеріалів, відходів, готової продукції, при здійсненні процесів сухого подрібнення твердих порід, повітряної сепарації порошків, сушіння, проведенні технологічних процесів з участю твердої фази спалюванні твердого палива, приготуванні сумішей сипких матеріалів, переробці і транспортуванні сипких продуктів утворюються запилені гази, які забруднюють атмосферне повітря. Пил спричиняє шкоду промислового обладнання, зменшує якість продукції, погіршує гігієнічні умови праці.

Боротьба з промисловим пилом і пиловловлювання – важлива технічна і санітарно-гігієнічна проблема. У промисловості широко використовують пиловловлювачі різних типів створюють складні системи газової очистки. Вловлювання пилу необхідне також для виділення з нього цінних продуктів і особливо важливе для захисту навколишнього середовища від забруднень. Запилене повітря шкідливе для людини. Залежно від хімічного складу пилу можливі захворювання верхніх дихальних шляхів, бронхітом, пневмонією, дерматитом тощо.

Забруднюючі речовини переважно містяться в газах у зваженому стані (у вигляді пилу або туману). Залежно від походження і розмірів частинок газів зваження можна поділити на дві основні групи: а) механічні, б) конденсовані.

Механічні зваження утворюються внаслідок розподілення в газі твердих або рідких частинок речовини, наприклад, під час подрібнення твердих матеріалів або розпилення рідин.

Конденсовані зваження утворюються під час переходу речовини із газоподібної чи пароподібної фази в тверду чи рідку, в першому випадку виникають дими в другому – тумани.

Такі зваження можуть виникати внаслідок хімічних реакцій між двома газами, якщо утворюється тверда або рідка фаза.

Походження газових зважень має досить суттєве значення при виборі методу і апарата газоочищення, оскільки складність розділення газової неоднорідної системи залежить переважно, від розміру зваженої частинки.

Методі очищення газів від зважених частинок можна об'єднати в чотири основні групи:

- 1) механічне або сухе газоочищення, при якому розділення газових зважень досягається внаслідок дії зовнішньої механічної сили на масу частинок які зважені в газі;
- 2) мокре газоочищення яке полягає в промиванні брудного газу рідиною найчастіше водою, яка поглинає зважені в газі частинки;
- 3) фільтрування газу пропусканням його через пористі перегородки, які затримують зважені в газі частинки;
- 4) електричне очищення газу осадженням зважених в газі частинок в електричному полі.

Якісною оцінкою того чи іншого методу розділення газових неоднорідних систем є ступінь очищення газу, який називається ще коефіцієнтом корисної дії або коефіцієнтом очищення газу що вимірюється у відносних одиницях або процентах.

Іноді замість ступеня очищення газу, як показником роботи апарата, користуються абсолютним значенням запиленості очищеного газу, яке вимірюється в $\text{кг}/\text{нм}^3$ (об'єм при нормальних умовах в м^3).

Ступінь очищення газу пиловловлювальним апаратом залежить від особливості частинок і міри їх дисперсності і його можна розрахувати так:

$$\eta = \frac{G_n - G_k}{G_n} = \frac{V_n \cdot C_n - V_k \cdot C_k}{V_n \cdot C_n} = 1 - \frac{G_k}{G_n} = 1 - \frac{V_k \cdot C_k}{V_n \cdot C_n}, \quad (1)$$

де η – ступінь очищення газу в частках від одиниці;
 G_{Π} – маса пилу (туману), який міститься в газі на вході у газоочисний апарат, кг/с;
 $G_{\text{К}}$ – маса пилу (туману), який міститься в газі після виходу із газоочисного апарата, кг/с;
 V_{Π} – об'ємна витрата газу, який надходить в газоочисний апарат, $\text{нм}^3/\text{с}$;
 $V_{\text{К}}$ – об'ємна витрата газу, який виходить із газоочисного апарата, $\text{нм}^3/\text{с}$;
 C_{Π} і $C_{\text{К}}$ – концентрація зважених частинок пилу (туману) у запиленому і очищеному газі $\text{кг}/(\text{н}\cdot\text{м}^3)$.

У цій установці для очищення газу від твердих частинок використовується механічний спосіб очищення у відстійній камері, циклоні і фільтрування в тканинному фільтрі, тобто сухе очищення.

У відстійній або пиловій камері осадження твердих зважених у газі частинок проходить внаслідок їх вільного падіння під впливом сил тяжіння. Тут відбувається, в основному, грубе очищення запиленого газу внаслідок видалення із нього великих твердих частинок. У циклонах осадження твердих частинок інтенсифікується і ступінь очищення газу зростає. Інтенсифікація досягається за рахунок відцентрових сил які діють на тверді частинки при їх криволінійному русі в газовому потоці, що надходить в даний відцентровий пилоочисний апарат. Для тонкого очищення запиленого газу використовують тканинний фільтр. Фільтрування полягає в пропусканні запиленого газу, що містить зважені тверді частинки, через пористі перегородки, які пропускають газ і затримують на своїй поверхні тверді частинки. Механічне очищення газу, особливо в циклонах, є складним процесом, тому на ступінь очищення впливає багато чинників, які важко врахувати. Ступінь очищення газу у відстійних камерах і циклонах залежить від діаметра твердих частинок, питомих ваг твердих частинок і газу швидкості руху потоку газу, в'язкості середовища, прискорення сили тяжіння, початкової концентрації пилу в газі, конструктивних особливостей і лінійних розмірів апаратів (довжини камери радіуса циклона).

При фільтруванні газу на ступінь очищення вирішальний вплив має характеристика фільтрувальної перегородки, її питоме навантаження, тобто кількість газу, яка проходить через 1м^2 фільтрувальної тканини за хвилину.

2. МЕТА РОБОТИ

1. Визначити ступінь очищення запиленого повітря в кожному апараті і у всій установці загалом.
2. Вивчити роботу та конструкцію пилоочисної апаратури: осаджувальної камери, циклона та тканинного фільтра і дати їх порівняльну оцінку

3. ОПИСАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

Лабораторна установка (див рисунок) складається із трьох пилоочисних апаратів: відстійної камери 1, циклона 2 та тканинного фільтра 3, які послідовно з'єднані трубопроводами 4 та 5. Трубопровід 6 очищеного повітря з'єднаний із всмоктувальним патрубком вентилятора 7, який приводиться в дію електродвигуном.

Отже вентилятор створює розрідження у всій системі і просмоктує запилене повітря послідовно через камеру, циклон та тканинний фільтр.

Для подання пилу у всмоктувальний трубопровід 8 встановлено шнековий живильник 9 з бункером 10 і власним електроприводом 11.

Для вимірювання динамічного напору в трубопроводі 4 встановлена трубка Піто-Прандтля 12, яка шлангами 14 під'єднана до мікроманометра 13. Для визначення запиленості повітря після пилоочисних апаратів за відстійною камерою, циклоном та тканинним фільтром у трубопроводах 4, 5 і 6 вмонтовані патрубки 17 для відбору проб газопилової суміші, які шлангами з'єднані із відповідними фільтрувальними гільзами 15

(а, б, в) При відкриванні одного із кранів I, II, III та крана IV проба запиленого повітря за допомогою вакуум-насоса 18 просмоктується по чергово через відповідну фільтрувальну гільзу.

Для виконання роботи необхідно використовувати секундомір, фільтрувальний папір, ножиці, штангенциркуль, аналітичну вагу, термометр та барометр

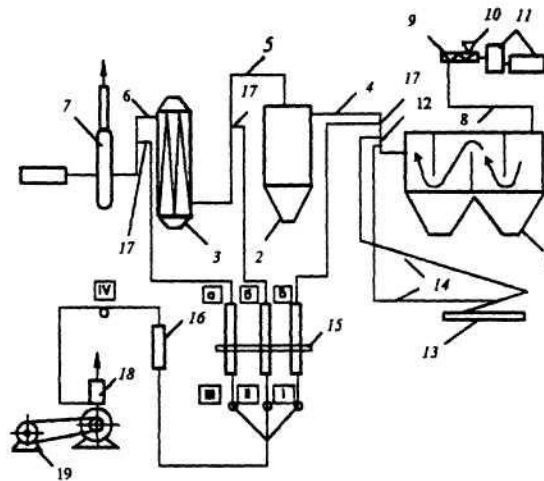


Схема експериментальної установки

- 1 – осаджувальна камера; 2 – циклон; 3 – тканинний фільтр; 4, 5, 6, 8 – газопроводи; 7 – вентилятор; 9 – шнековий живильник; 10 – бункер; 11 – електродвигун з редуктором; 12 – трубка Піто-Прандтля; 13 – мікроманометр; 14 – пневмометричні шланги; 15(а, б, в) – гільзи; 16 – ротаметр; 17 – пробовідбірники; 18 – вакуум-насос; 19 – електродвигун; I, II, III, IV – крани*

4. ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДУ

Перед початком досліду перевіряють нульове положення манометра, правильність встановлення пневмометричних шлангів і шлангів для відбору проб газопилової суміші. Кран IV повинен з'єднувати вакуум-насос з атмосферою. Попередньо необхідно за шаблоном вирізати три фільтри із фільтрувального паперу, пронумерувати їх, зважити і зарядити ними фільтрувальні гільзи 15 (а, б, в), а також приготувати необхідну кількість пилу (150-250 г). Вмикають електропривод вентилятора 7 і через 2-3 хв. вимірюють динамічний напір за допомогою мікроманометра 13. Після цього вмикають електродвигун 11 шнекового живильника 9 і в бункер 10 завантажують приготовану наважку пилу.

З моменту надходження пилу в трубопровід 8, що видно візуально через проміжний між живильником 9 і трубопроводом 8 скляний патрубок, вмикають секундомір. Для того, щоб визначити концентрацію пилу в газовій фазі після кожного із очисних апаратів, вмикають електропривід 19 вакуум-насоса 18, відкривають кран IV і одночасно кран I. Після пропускання через гільзу 15 (а) газопилової суміші, яка відбирається із трубопроводу 4 (після осаджувальної камери) протягом 1-1,5 хв., фіксують покази ротаметра 16 і перекривають кран I. Потім відкривають кран II, просмоктують через гільзу 15 (б) запилене повітря, відібране після циклону, протягом 1,5-2 хв. і знімають покази ротаметра 16. Закривають кран II і, відкривши кран III, пропускають через гільзу 15 (в) відібране після тканинного фільтра запилене повітря до моменту припинення подачі пилу в трубопровід 8.

Кількість повітря, що проходить через гільзи ($V_{гид}$), в кожному окремому випадку визначають за показами ротаметра 16, градувальним графіком та тривалістю просмоктування газу через гільзу. Після закінчення надходження пилу в трубопровід 8 із живильника 9 необхідно зупинити секундомір та вимкнути електроприводи вентилятора, вакуум-насоса, живильника і перекрити крани III і IV.

5. ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДУ

1. Середня швидкість руху запиленого повітря в перерізі трубопроводу, де була встановлена трубка Піто-Прандтля, за значенням динамічного напору $H_{дин}$.

Спочатку розраховують максимальну (осьову) швидкість руху за показами мікроманометра 13, з'єднаного із трубкою Піто-Прандтля, що встановлена по осі трубопроводу:

$$W_{max} = \sqrt{\frac{2g H_{дин}(\rho_m - \rho)}{\rho}} \quad (2)$$

де ρ_m – густина рідини в мікроманометрі у робочих умовах, $кг/м^3$;

ρ – густина повітря у робочих умовах, $кг/м^3$;

$g = 9.81$ – прискорення вільного падіння, $м/с^2$;

$H = l \cdot K$ – тиск стовпа рідини в мікроманометрі, $м$;

l – покази мікроманометра;

K – коефіцієнт мікроманометра.

Потім обчислюють критерій Рейнольдса за формулою

$$Re = \frac{W_{max} d \rho}{\mu} \quad (3)$$

де d – діаметр трубопроводу в місці встановлення трубки Піто-Прандтля, $м$;

ρ, μ – густина та динамічна в'язкість повітря у робочих умовах.

За графіком $W/W_{max} = \varphi(Re)$ визначають відношення W/W_{max} , що відповідає розрахованому значенню числа Re і розраховують середню швидкість повітря W .

2. Об'єм повітря, яке прийшло через установку за час проведення досліду:

$$V = WF_{\tau} \quad (4)$$

де W – середня швидкість руху газу в газопроводі, $м/с$;

F – площа поперечного перерізу трубопроводу в місці встановлення трубки Піто-Прандтля, $м$;

τ – повний час проведення досліду, $с$.

3. Об'ємна кількість повітря V_p ($м^3$), яке пройшло через дану гільзу з паперовим фільтром:

$$V_p = V_p \tau_r \quad (5)$$

де V_p – витрата повітря через ротаметр, $м^3/с$ (знаходять із градувальним графіком за показами ротаметра);

τ_r – тривалість проходження газу через дану гільзу, $с$.

4. Розрахунок початкової концентрації твердої фази в запиленому повітрі;

$$C_{п} = G_{п}/V \text{ кг}/м^3, \quad (6)$$

де $G_{п}$ – наважка пилу, завантаженого в бункер живильника, $кг$;

V – об'єм повітря, яке пройшло через установку за час проведення експерименту (приведений до нормальних умов), $нм^3$.

5. Розрахунок концентрації пилу в повітрі після кожного апарата:

– осаджувальної камери:

$$C_{ок} = \Delta G_{в}/V_{г}, \text{ кг}/нм^3; \quad (7)$$

– циклона:

$$C_{ц} = \Delta G_{б}/V_{г}, \text{ кг}/нм^3; \quad (8)$$

– тканинного фільтра:

$$C_{тф} = \Delta G_{а}/V_{г}, \text{ кг}/нм^3; \quad (9)$$

де ΔG – маса пилю на паперових фільтрах у відповідних гільзах 15 (а, б, в), кг;
Визначається за різницею ваги фільтра після досліду і до нього;

V_r – об'єм повітря, яке прокачується відповідно через гільзи 15 (а, б, в), приведений до нормальних умов, нм^3 .

Об'єм газу у нормальних умовах розраховується за формулою:

$$V_0 = V \frac{273P}{P_0(273-T)} \quad (10)$$

де V_0, P_0 – параметри газу при нормальних умовах;

V, P, T – параметри газу у робочих умовах.

6. Визначення ступеня очищення повітря в кожному апараті:

– в осаджувальній камері:

$$\eta_{ок} = \frac{C_n - C_{ок}}{C_n} \cdot 100\% \quad (11)$$

– у циклоні:

$$\eta_{ц} = \frac{C_{ок} - C_{ц}}{C_{ок}} \cdot 100\% \quad (12)$$

– у тканинному фільтрі:

$$\eta_{мф} = \frac{C_{ц} - C_{мф}}{C_{ц}} \cdot 100\% \quad (13)$$

– в усій установці:

$$\eta = \frac{C_{ок} - C_{мф}}{C_n} \cdot 100\% \quad (14)$$

Робочі умови:

d – діаметр трубопроводів, м;

P – тиск, МПа;

K – коефіцієнт мікроманометра;

G_n – наважка пилю; кг;

T – температура, °С.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Експериментальні дані	Позначення	Одиниці вимірювання	Пилоочисні апарати			Установка загалом
			осадж. камера	циклон	тканин. фільтр	
Покази мікроманометра	1	м	—	—	—	
Максимальна швидкість повітря	W_{max}	м/с	—	—	—	
Середня швидкість руху повітря	W	м/с	—	—	—	
Об'ємна витрата повітря через ротаметр	V_p	$\text{м}^3/\text{с}$				—
Повний час досліду	τ	с	—	—	—	
Об'єм пов., яке пройшло через уст. за весь час досліду	V_y	м^3	—	—	—	
		нм^3				

Маса фільтра початкова	G_1	кг				—
кінцева	G_2	кг				—
Маса пилу на фільтрі	ΔG	кг				
Покази ротаметра	R_p					—
Час проходження повітря через гільзу	τ_r	с				
Об'єм газу, який пройшов через дану гільзу	V_r	m^3				—
		nm^3				
Концентрація пилу в повітрі	C	кг/ nm^3				
Ступінь очищення повітря	η	%				