

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА
Навчально-науковий інститут біології, хімії та біоресурсів
Кафедра хімії та експертизи харчової продукції

Реферат

АПАРАТИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ

Роботу виконала:

студентка III курсу

спеціальності 102 «Хімія»

Навчально-наукового інституту
біології, хімії та біоресурсів

Чернівецького національного
університету імені Юрія Федьковича

П'ясецька Анастасія Вікторівна

Керівник практики:

Проф. Лявинець О.С.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
ОСНОВНІ МЕХАНІЗМИ УЛОВЛЮВАННЯ ПИЛУ	5
АПАРАТИ СУХОГО МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ	7
ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗІВ	16
ВИСНОВКИ.....	18
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	19

ВСТУП

Функціонування сучасних виробництв та об'єктів невиробничої сфери призводить до постійного зростання обсягів і розширення номенклатури викидів шкідливих речовин в атмосферу. Такі речовини можуть мати різноманітний хімічний склад та перебувати у твердому, рідкому або газоподібному агрегатному стані. Тверді та рідкі частинки утворюють з повітрям двофазні системи, що мають назву аерозолів — пилу, димів і туманів. Газо- та пароподібні домішки, потрапляючи у повітря, розчиняються у ньому. При цьому й утворюються гомогенні суміші.

Забруднення в атмосферу можуть викидатися безперервно та періодично через спеціально обладнані пристрої відведення (організований викид) або безпосередньо від джерела (неорганізований викид). Поширюючись у повітрі, ці речовини можуть завдавати великої шкоди як екосистемам у цілому, так і здоров'ю людей зокрема. З метою запобігання негативним наслідкам забруднення атмосфери необхідно створювати спеціальні системи газоочищення. Очищення організованих технологічних викидів здійснюється за допомогою устаткування, що вмонтовується у відхідні газоходи. Для очищення повітря від неорганізованих викидів застосовуються системи витяжної вентиляції, що складаються з відсмоктувачів, трубопроводів, вентиляторів та засобів газоочищення. Дотримання у приміщеннях комфортних та безпечних для життєдіяльності людини параметрів повітря забезпечується системами вентиляції та кондиціонування.

Основними елементами вказаних систем є засоби газоочищення, тобто видалення з газу забруднень або переведення останніх у безпечну для людини форму. Залежно від стану шкідливих домішок, що вилучаються, розрізняють апарати для пиловловлювання, очищення від туманів та бризок, газоподібних, пароподібних домішок тощо. За принципом дії виділяють апарати для розділення неоднорідних систем, де визначальними є гідромеханічні процеси і, частково, теплові, а також масообмінні апарати, де очищення здійснюється переважно за рахунок масообмінних, хімічних та біохімічних процесів. Апарати бувають

безперервної та періодичної дії, із застосуванням спеціального вловлювального агенту та без нього. У першому випадку поглинач може бути твердим, рідким або газоподібним, бути нерухомим або рухатися прямотечею, протитечею чи перехресною течією. Застосовуються також агрегати, до складу яких входить декілька секцій з різними принципами очищення.

На теперішній час у техніці використовується велика кількість конструкцій апаратів газоочищення, в основному, з комбінованим принципом видалення шкідливих домішок. Сучасні системи, як правило, включають у себе декілька ступенів очищення, наприклад, попереднього вловлювання грубодисперсних частинок та остаточного вловлювання тонкодисперсних домішок. Очищенню від газоподібних домішок, як правило, передує видалення пилу та туману.

ОСНОВНІ МЕХАНІЗМИ УЛОВЛЮВАННЯ ПИЛУ

Пилоловлювання засноване на використанні одного або декількох механізмів осаджування зважених в газі частинок. У числі основних механізмів слід виділити:

- гравітаційне осадження;
- інерційне осадження;
- осадження під дією відцентрової сили;
- осадження внаслідок зачеплення (торкання);
- електричне осадження.

Гравітаційне осадження відбувається в результаті вертикального осадження частинок під дією сили тяжіння при проходженні їх через газоочисний апарат.

Інерційне осадження відбувається в тому випадку, коли маса і швидкість частинок пилу забезпечують достатню інерцію руху для виділення частинок з потоку газу при різкій зміні лінії струму газу.

Осадження під дією відцентрової сили відбувається при криволінійному русі запиленого потоку газу, що зумовлює виникнення відцентрових сил, під дією яких частинки виділяються з потоку газу і відкидаються на поверхню осадження газоочисного апарату.

Зачеплення (торкання) частинок пилу відбувається в тому випадку, коли відстань від центру частинок пилу до перешкоди, яку обтікає газовий потік, дорівнює або менше радіуса частинки.

Електричне осадження відбувається внаслідок іонізації газового потоку, що призводить до придбання частинками пилу певного електричного заряду достатнього для виділення частинок з потоку газу під дією електричного поля і спрямованого руху частинок до поверхні газоочисного апарату, що має протилежний заряд.

Класифікація пилоуловлювачів і оцінка ефективності їх роботи

У числі найбільш застосовуваних пилоуловлювачів можна виділити чотири класи:

- апарати сухого механічного очищення газу;
- апарати мокрого очищення газу;
- апарати для очищення газу фільтрацією (фільтри);
- апарати для очищення газу в електричному полі (електрофільтри).

Залежно від кінцевого вмісту пилу в газі, що проходить очищення, розрізняють такі види пилоуловлювачів:

- апарати грубого очищення газу (кількість пилу на виході понад 1г/м³);
- апарати середнього очищення газу (вміст пилу на виході 0,1-1,0г/м³);
- апарати тонкого очищення газу (кількість пилу на виході до 0,1г/м³).

Для агрегатів чорної металургії вважається необхідним очищення газів, що виділяються, від пилу до концентрації 100 мг/м³, при якій забарвлення газу стає ледь помітним. При більш високих концентраціях пилу газу, що відходять, мають помітний бурий колір, обумовлений вмістом в газах оксидів заліза.

При використанні газу для хімічної переробки або як паливо до ступеня очищення газу висуваються вимоги технологічного процесу, в якому передбачається використовувати газ. Наприклад, при використанні газу як палива запиленість газу не повинна перевищувати 10 мг/м³.

Ефективність очищення газу в пилоуловлювачі (ступінь уловлювання) може бути визначена за вмістом пилу в газах до і після газоочисного апарату:

$$\eta = \frac{z_{\text{п}} - z_{\text{к}}}{z_{\text{п}}} \cdot 100, \quad \%$$

де $z_{\text{п}}$ і $z_{\text{к}}$ – відповідно, початкова та кінцева концентрація пилу в газі.

При відомому фракційному складі пилу і ступеня уловлювання окремих фракцій загальна ступінь очищення газу може бути обчислена за формулою:

$$\eta = \frac{\Phi_1 \cdot \eta_{\phi 1}}{100} + \frac{\Phi_2 \cdot \eta_{\phi 2}}{100} + \dots + \frac{\Phi_n \cdot \eta_{\phi n}}{100} = \frac{1}{100} \sum_1^n \Phi_i \cdot \eta_{\phi i},$$

де $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ – вміст (по масі) окремих фракцій на вході в апарат, %;
 $\eta_{\phi 1}, \eta_{\phi 2}, \dots, \eta_{\phi n}$ – ступінь уловлювання фракцій, частки од.

При багатоступінчастому очищенні газу в декількох послідовно встановлених апаратах загальний ступінь очищення газу визначається за формулою:

$$\eta = 1 - (1 - \eta_1)(1 - \eta_2) \dots (1 - \eta_n),$$

де $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n$ – ступінь очищення газу відповідно в першому, в другому та n-му пилоуловлювачі.

Ефективність уловлювання пилу може бути виражена у вигляді коефіцієнта проскоку пилу (ступеня неповноти уловлювання), який являє собою відношення концентрації частинок в газі за пилоуловлювачем до концентрації частинок перед пилоуловлювачем.

За відомого ступеня уловлювання газоочисного апарату η коефіцієнт проскоку ζ обчислюється за формулою:

$$\zeta = 1 - \eta.$$

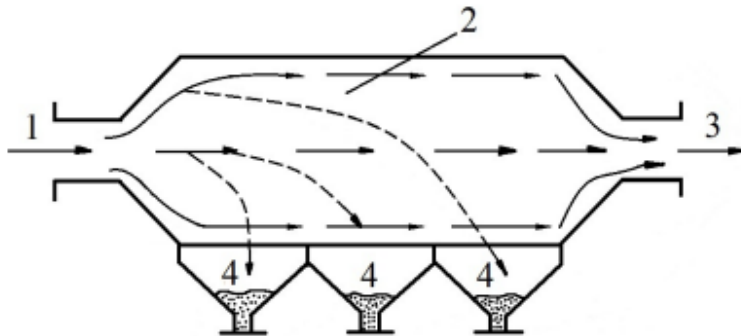
АПАРАТИ СУХОГО МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ

В апаратах сухого механічного очищення пиловловлювання досягається виключно механічним впливом на пил внаслідок гравітаційних, інерційних і відцентрових сил. У більшості випадків ці сили діють на частинки пилу спільно. Тим не менш, для окремих апаратів сухого механічного очищення один із впливів може переважати, що дозволяє за цією ознакою виділити наступні групи

апаратів сухого очищення: пилоосаджувальні камери, інерційні пилоуловлювачі та циклони.

Пилоосаджувальні камери

Пилоосаджувальні камери застосовують для попереднього грубого очищення газів від пилу порівняно великих розмірів ($> 50-100$ мкм). Виділення частинок пилу з газу здійснюється тут внаслідок гравітації



- 1 – підвід запиленого газу;
- 2 – робочий об'єм пилоосаджувальної камери;
- 3 – відвід очищеного газу;
- 4 – бункера для збору і відводу уловленого пилу.

Рис.1. Конструкція пилоосаджувальної камери

Для гравітаційного осадження пилу необхідно, щоб частинки пилу встигли осісти в камері за час перебування в ній, що відображає наступна рівність співвідношень:

$$L/w_{\Gamma} = H/w_{вч},$$

де L – довжина пилоосаджувальної камери, м; w_{Γ} – швидкість газу, м/с; H – висота пилоосаджувальної камери, м; $w_{вч}$ – швидкість витання частинок пилу (середня швидкість падіння частинок в нерухомому газі), м/с.

У лівій частині рівняння – час знаходження частинок пилу при їх русі в камері зі швидкістю потоку газу:

$$\tau_1 = L/w_{\Gamma}.$$

У правій частині рівняння – час необхідний для гравітаційного осаджування частинок пилу:

$$\tau_2 = H/w_{вч}.$$

Для осаджування пилу необхідне виконання умови $\tau_1 \geq \tau_2$.

Швидкість газу w_r в пилоосаджувальних камерах складає в межах $0,2 \div 0,8 \text{ м/с}$. Ступінь уловлювання залежить від розмірів пилу і, наприклад, для частинок 50 мкм, може складати 80-90%.

Перевагою пилоосаджувальних камер є простота конструкції.

Недоліком – громіздкість. Для гравітаційного осаджування пилу необхідно досить тривале перебування пилу в камері, а отже невеликі швидкості газу, що збільшує поперечний переріз пилоосаджувальної камери і розміри камери в цілому.

Одним з варіантів удосконалення пилоосаджувальної камери є розміщення в робочому об'ємі камери горизонтальних або похилих полиць

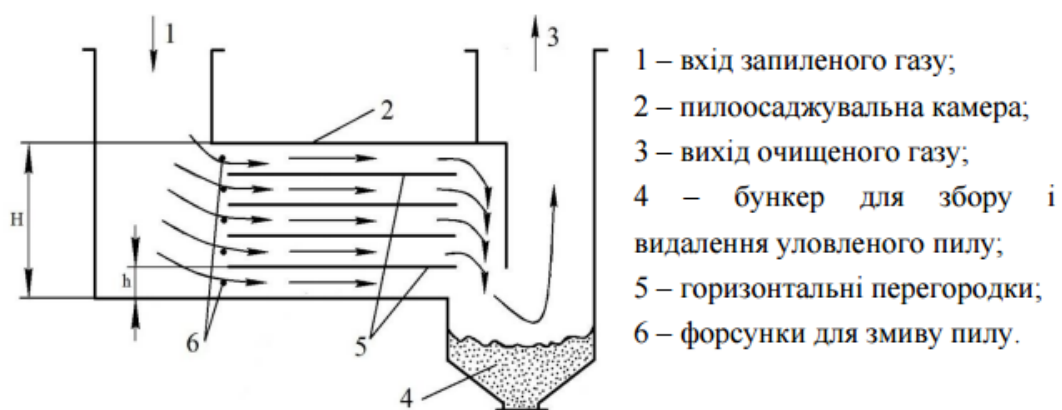


Рис.2. Пилоосаджувальна камера з горизонтальними полицями

Певну складність при установці полиць викликає видалення пилу з пилоосаджувальної камери. Для цього пилоосаджувальні камери обладнують форсунками для періодичного змиву пилу водою.

Удосконалення пилоосаджувальних камер досягається також встановленням вертикальних перегородок:

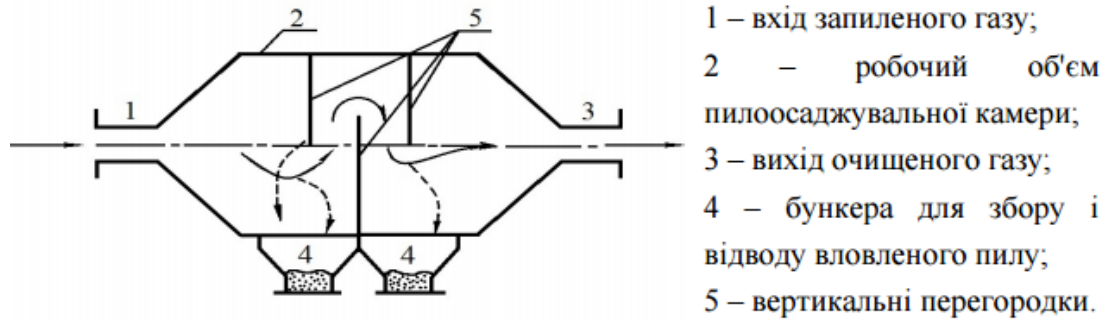


Рис.3. Пілоосаджувальна камера з вертикальними перегородками

Вертикальні перегородки, забезпечуючи багаторазову зміну напрямку потоку газу, сприяють не тільки гравітаційному, а й інерційному видаленню частинок пилу.

Інерційні пілоуловлювачі

В інерційних пілоуловлювачах поряд з гравітаційними силами велике значення в осадженні пилу набуває інерція руху частинок. Для цього в пілоосаджувальному апараті забезпечується різка зміна напрямку руху потоку газу. Пилі частинки прагнуть в силу інерції зберегти напрямок руху газу і при зміні напрямку випадають з потоку.

Інерційні пілоуловлювачі відрізняються між собою в залежності від конструктивного рішення, що забезпечує зміну напрямку потоку газу. Можливі, наприклад, такі варіанти:

- з центральним підведенням газу (радіальні пілоуловлювачі);
- з боковим підведенням газу;
- з вертикальною перегородкою;
- з жалюзійними решітками.

В інерційному пілоуловлювачі з центральним підведенням газу потік запиленого газу, що надходить через центральну трубу, робить поворот на 180° і розподіляється в кільцевому перерізі пілоуловлювача:

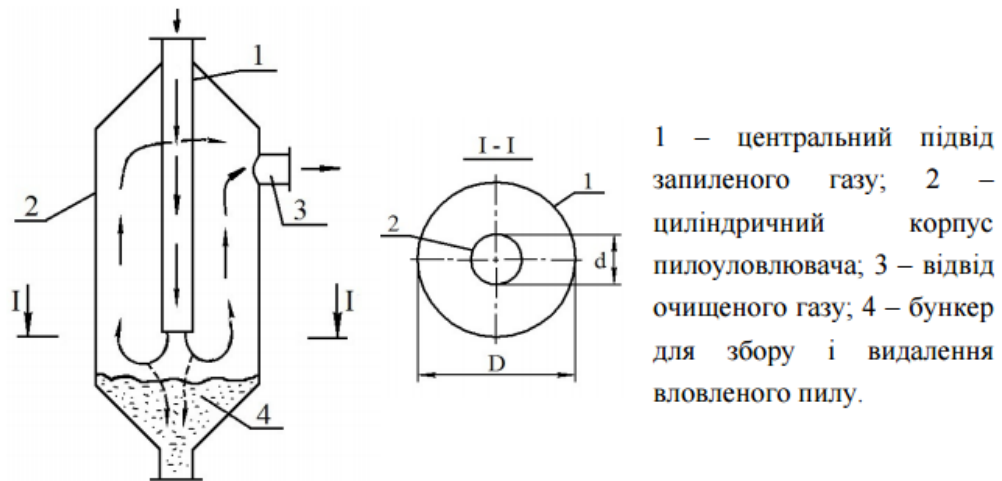


Рис. 4. Інерційний пилоуловлювач з центральним підведенням газу

Радіальні пилоуловлювачі найефективніше працюють при швидкості газу в кільцевому зазорі $0,6 \div 1,0$ м/с. При цьому для частинок більше 25-30 мкм ступінь уловлювання пилу може скласти 65-85 %.

В інерційному пилоуловлювачі з боковим підведенням газу зміна напрямку потоку газу досягається розміщенням патрубку для підведення газу в нижній частині корпусу пилоуловлювача. При цьому відведення газу здійснюється в верхній частині пилоуловлювача, що викликає різкий поворот газу в нижній частині в сторону виходу й інерційне відділення частинок пилу.

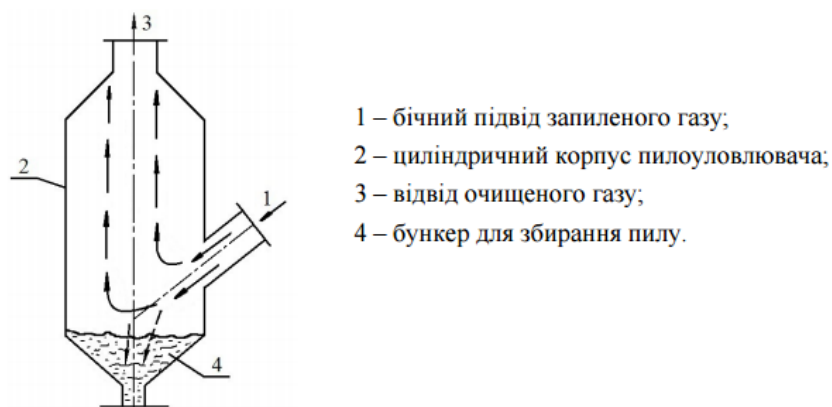


Рис.5. Інерційний пилоуловлювач з боковим підведенням газу

Зміна напрямку потоку і ефективність інерційного відділення пилу залежить тут від кута нахилу вхідного патрубку до осі вертикального корпусу

пилоуловлювача. Залежно від швидкості входу газу в корпус пилоуловлювача кут нахилу патрубків змінюється в межах $30 \div 60^\circ$.

В інерційному пилоуловлювачі з вертикальною перегородкою зміна напрямку потоку газу і ступінь уловлювання пилу визначається положенням перегородки стосовно входу газу в пилоуловлювач.

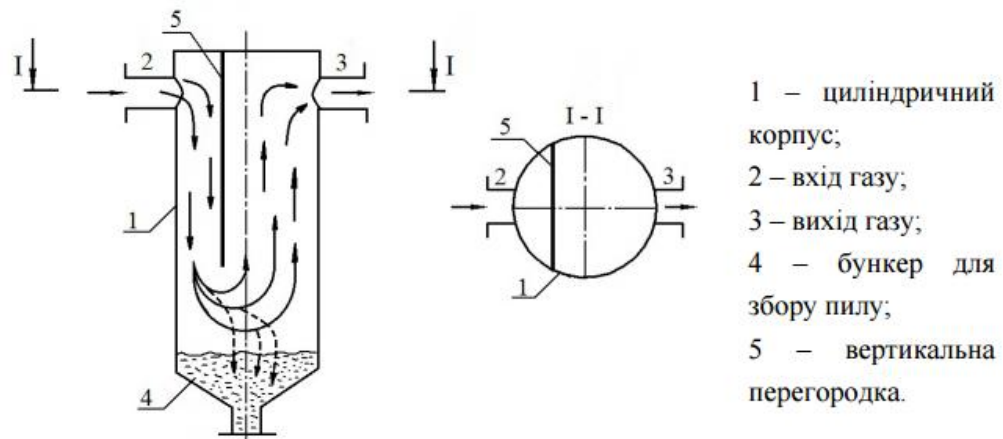


Рис. 6. Інерційний пилоуловлювач з вертикальною перегородкою

Зміщення перегородки в сторону вхідного патрубка забезпечує зниження швидкості газу перед вихідним патрубком, що сприяє не тільки інерційному, але й гравітаційному осадженню пилу.

До числа інерційних пилоуловлювачів відносяться також жалюзійні пилоуловлювачі, які зазвичай виконують функцію концентраторів пилу, що полегшує подальше очищення газу.

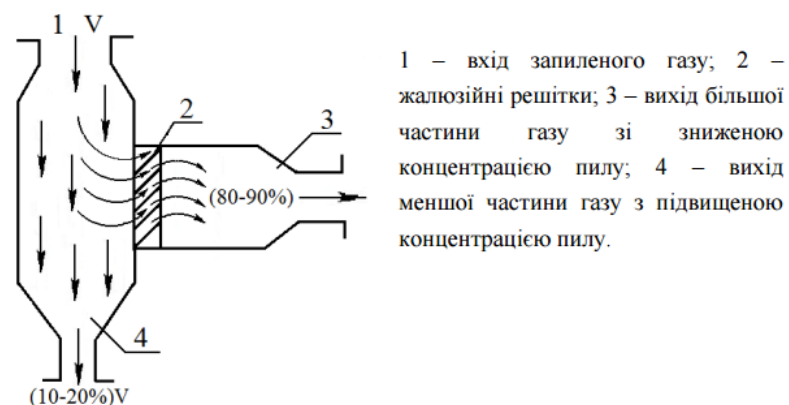


Рис. 7. Жалюзійний пилоуловлювач (концентратор пилу)

В жалюзійних пилоуловлювачах потік запиленого газу розділяється на дві частини. Більша частина газу (80-90%) відводиться примусовою тягою в бічній газохід через жалюзі і частково звільняється від пилу. У меншій частини газу, що проходить повз жалюзі (10-20%), концентрація пилу збільшується: по-перше, внаслідок інерції руху пилу при повороті газу в жалюзійній решітці, і, по-друге, внаслідок відображення частинок пилу при ударі об жалюзійну решітку. Жалюзійні решітки застосовують для концентрації пилу більше 20 мкм. Швидкість газів в решітках 12-15 м/с.

Після жалюзійного концентратора потік газу з більшою концентрацією пилу направляється на очищення, наприклад, в циклони. При цьому внаслідок невеликого об'єму газу з концентрованим пилом потрібні апарати очищення менших розмірів порівняно з очищенням всього потоку газу.

Недоліком жалюзійних пилоуловлювачів є абразивний знос решіток і відкладення пилу всередині решіток.

Циклони

В циклонах поряд з гравітацією й інерцією значення набувають відцентрові сили. Тангенціальний підвід газу в циклоні забезпечує обертання потоку і відповідно появу відцентрових сил, які відкидають частинки до стінок циклону, де відбувається гальмування частинок пилу і гравітаційне сповзання пилу в бункер.

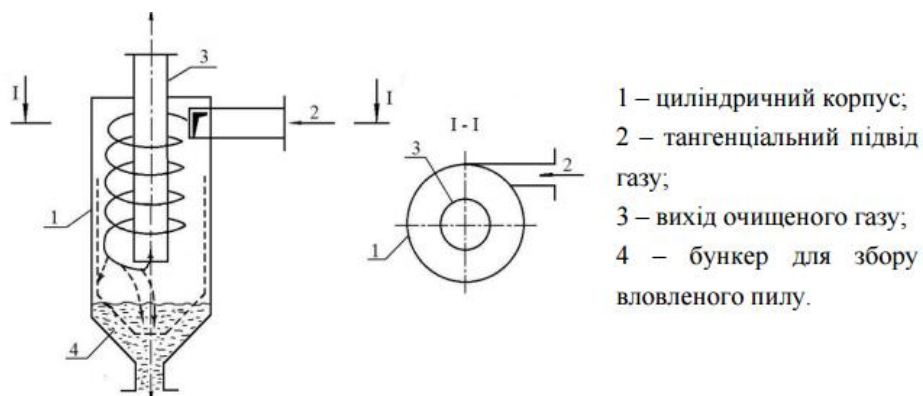


Рис. 8. Циклон з тангенціальним підведенням газу

Оптимальна швидкість газу на вході в циклон 20-25 м/с. При меншій швидкості недостатній вплив виникаючих відцентрових сил на частинки пилю. При вищих швидкостях відбувається відскакування частинок пилю від стінок циклону в потік газу, що знижує ефект очищення.

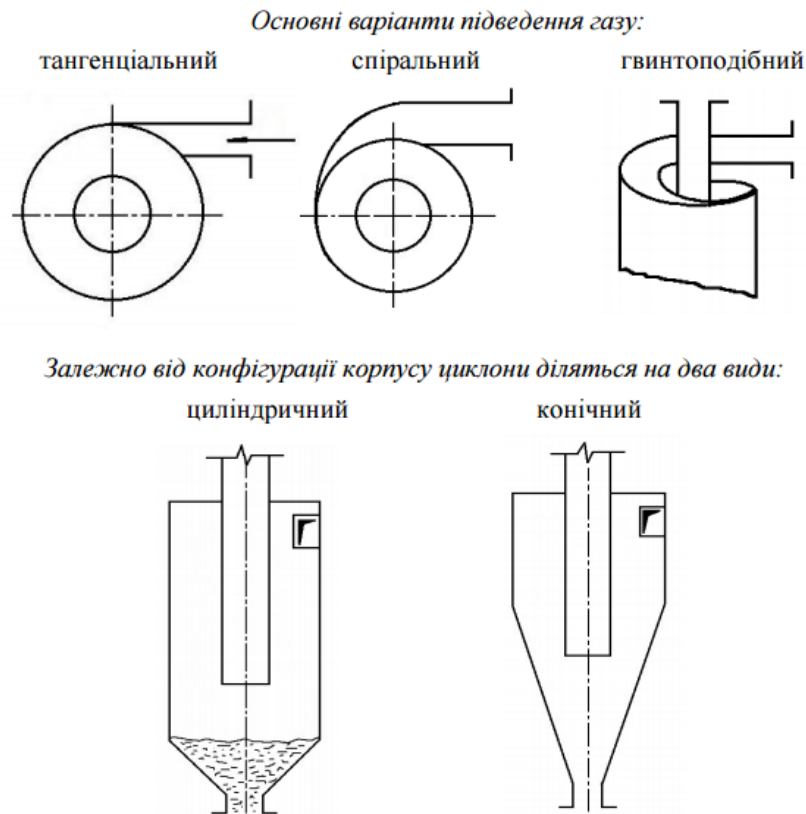
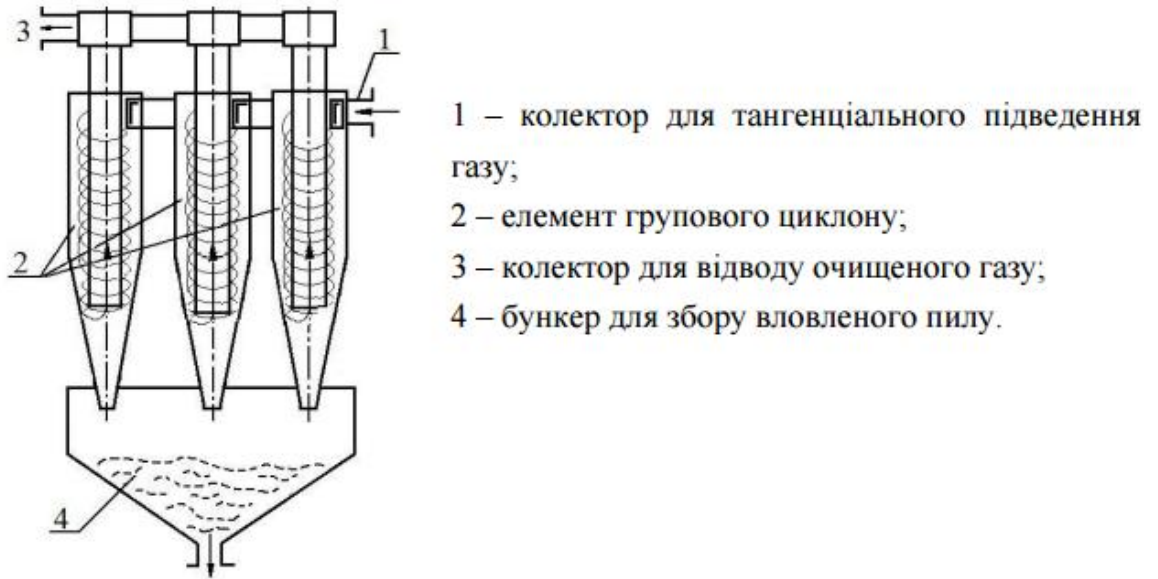


Рис.9. Основні варіанти підведення газу

Поодинокі циклони, як правило, виконують циліндричними.

Зі збільшенням діаметра циклону ефективність пиловловлювання в циклоні знижується, так як зменшується закручування газового потоку і відповідно знижується дія відцентрових сил на частинки. У тому випадку, якщо кількість газу, що надходить на очищення, вимагає встановлення циклону діаметром більше 800 мм, циклон роблять груповим, тобто таким, що складається з групи циклонів меншого діаметра. Таким чином, груповий циклон представляє собою групу паралельно підключених по газу циклонів менших розмірів порівняно з одиночним циклоном.



Розміщення елементів групового циклону:

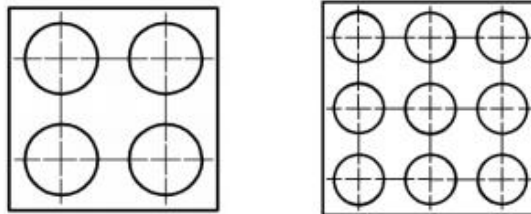


Рис.10. Груповий циклон

При кількості циклонів більше дев'яти слід застосовувати батарейні циклони.

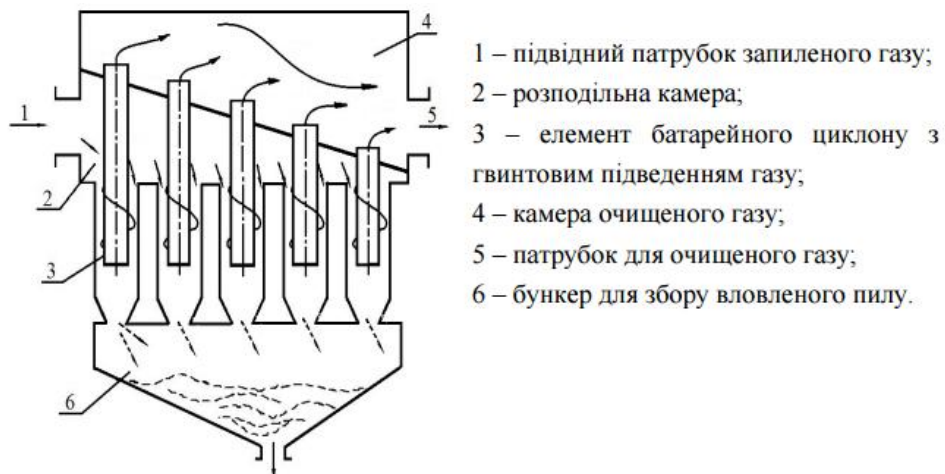


Рис. 11. Батарейний циклон

Найбільш ефективно (до 80%) в циклонах уловлюються частинки більше 10 мкм. Для частинок менше 5 мкм циклони малоефективні.

ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТІВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ГАЗІВ

Металургія

У металургійних виробництвах утворюється велика кількість пилу під час плавлення руд, випалу сировини, лиття металів та шліфування виробів. Цей пил часто містить важкі метали й токсичні домішки. Пилоуловлювачі (особливо електрофільтри та циклони) застосовують для очищення димових газів у доменних і мартенівських печах, а також у процесах вторинної металургії (наприклад, переробки металобрухту).

Цементна та будівельна промисловість

Під час виробництва цементу, гіпсу, вапна, бетону та інших будівельних матеріалів виникає пил на кожному етапі — від подрібнення сировини до фасування готової продукції. Циклони широко застосовуються на ранніх стадіях (грубе очищення), а рукавні фільтри — для тонкого очищення. Очищене повітря повертається в цех, що дозволяє зменшити втрати тепла та матеріалу.

Хімічна промисловість

У процесах синтезу, сушки, кристалізації та транспортування сипких речовин (солі, добрива, каталізatori, барвники) виникають пилові потоки, які можуть бути вибухонебезпечними або токсичними. Пилоуловлювачі використовують для захисту повітря, обладнання та персоналу. Часто очищене повітря перед поверненням у приміщення додатково фільтрують для забезпечення чистоти робочої зони.

Харчова промисловість

Під час переробки продуктів харчування — зокрема, мукомельного, цукрового, крохмального та комбікормового виробництва — утворюється харчовий пил. Його надмірна концентрація не лише псує якість продукції, а й створює ризик запалення або вибуху. Циклони та фільтри забезпечують безпечну та гігієнічну переробку, запобігають перехресному забрудненню.

Енергетика

На теплових електростанціях, де спалюють вугілля або інші види палива, у димових газах утворюється велика кількість золистого пилу. Для його видалення використовують багатоступеневі системи: спочатку — циклони або гравітаційні камери, далі — електрофільтри або рукавні фільтри. Це дозволяє знизити викиди золи у повітря до нормативних значень.

Деревообробна та целюлозно-паперова промисловість

Під час обробки деревини (стругання, фрезерування, шліфування) та виробництва паперу й картону утворюється велика кількість дрібнодисперсного пилу. Його накопичення може призводити до вибухів або пожеж. Пилоуловлювачі (зокрема, циклони та фільтраційні установки) застосовуються для постійного очищення повітря у виробничих приміщеннях та на аспіраційних системах.

Гірничодобувна промисловість

У процесі видобутку, транспортування та переробки корисних копалин (вугілля, руд, вапняку, глини) пил постійно вивільняється в повітря. Циклони часто встановлюють на дробарках, грохотах, транспортерах та пунктах перевантаження. Це дозволяє зменшити запилення навколишнього середовища й покращити умови праці шахтарів та обслуговуючого персоналу.

ВИСНОВКИ

У сучасній промисловості очищення газів від твердих частинок є критично важливим завданням для збереження довкілля та здоров'я людини. Серед основних апаратів для механічного очищення газів широко застосовуються пилоуловлювачі та циклони. Вони забезпечують ефективне видалення пилу з газових потоків завдяки використанню сил гравітації, інерції, відцентрової сили або фільтрації.

Пилоуловлювачі різних типів дозволяють досягти високого ступеня очищення за умови правильного вибору типу відповідно до характеру пилу та умов експлуатації.

Циклони є одними з найпоширеніших апаратів завдяки простій конструкції, надійності та здатності працювати в широкому діапазоні температур і тисків.

Загалом, впровадження ефективних систем пиловловлювання сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин в атмосферу, підвищенню екологічної безпеки виробництва та дотриманню норм природоохоронного законодавства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Теверовський Б.З. Розрахунки пристроїв для очищення промислових газів від пилу: Навч. посібник. – К.Ж НМК ВО, 1991. – 89с.
2. Гічов Ю.О. Очищення газів. Частина I: Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 51 с.
3. Біологічна очистка та дезодорація газоповітряних викидів [Текст] : навч. посіб. / О. В. Шестопапов, Г. Ю. Бахарєва, О. М. Філенко [та ін.]. — Харків : НТУ «ХПІ», 2015. — 116 с.
4. Благодатний, В. В. Методи та засоби очищення повітря та води від забруднень [Текст] : методичні вказівки до виконання практичних робіт / В.В. Благодатний, Н. І. Магась. — Миколаїв : НУК, 2011. — 56 с.
5. Рижков, С. С. Методи очищення повітря від забруднень [Текст]/ С.С. Рижков, Ю. М. Харитонов, В. В. Благодатний. — Миколаїв : УДМТУ, 2002. — 56 с.
6. Методичні рекомендації до проведення практичних занять і організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Технології сухої механічної очистки газів» / Харків. нац. ун-т. міськ. гос-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : В. Є. Бекетов, О. С. Ломакіна. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 26 с.