

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

**КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ  
ТА ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**В. М. Бабакін, В.Ю. Колосков, О.М. Кондратенко**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА САМОСТІЙНОЇ  
РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ  
«РОЗРОБКА ПРОЕКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ У ПРИРОДООХОРОННІЙ  
ДІЯЛЬНОСТІ»**

**у освітньо-науковій програмі «Техногенно-екологічна безпека»  
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) ступеня вищої  
освіти ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 183 «Технології захисту  
навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології**

Друкується за рішенням кафедри прикладної механіки та технологій захисту навколишнього середовища НУЦЗ України  
Протокол від «26» лютого 2024р. № 8

Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Розробка проектної документації у природоохоронній діяльності» у освітньо-науковій програмі «Техногенно-екологічна безпека» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології» / Уклад. В.М. Бабакін, В.Ю. Колосков, О.М. Кондратенко. – Х.: НУЦЗУ, 2024. – 66 с

**Укладачі:**

***Бабакін Вадим Миколайович, д.ю.н., доцент, викладач кафедри***

***Колосков Володимир Юрійович, к.т.н., доцент, завідувач кафедри ПМ та ТЗНС***

***Кондратенко Олександр Миколайович, д.т.н., доцент, професор кафедри***

**Рецензенти:**

Завідувач кафедри хімічної техніки та промислової екології Національного технічного університету «ХПІ» кандидат технічних наук, доцент Олексій Шестапалов

Заступник начальника кафедри спеціальної хімії та хімічної технології факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент Марина Чиркіна

Методичні вказівки до виконання практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Розробка проектної документації у природоохоронній діяльності» укладені відповідно до освітньо-професійної програми «Техногенно-екологічна безпека» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології» уклад.: В. М. Бабакін, В.Ю. Колосков., О.М.Кондратенко. Х.: НУЦЗУ, 2024. 64 с.

© В.М. Бабакін, В.Ю. Колосков, О.М. Кондратенко, С. С Душкін, О. М Серікова НУЦЗУ, 2024

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
Вказівки до проведення практичних занять.....	4
Тема 1. Оцінка впливу об'єкта, що проектується, на навколишнє середовище (ОВНС). .....	5-6
Тема 2. Кошторисна справа.....	6
Тема 3. Екологічна експертиза проектів. Участь проектувальника у погодженні проектної документації.....	6-7
Тема 4. Нагляд за будівництвом об'єкта, що запроєктований. Участь проектної організації в пуско-налагоджувальних роботах та введенні об'єкта в експлуатацію.....	7
Тема 5. Очищення та відведення поверхневого стоку з проммайданчиків	
Природоохоронні об'єкти та особливості їх проектування.....	8-11
Тема 6. Очисні споруди каналізації.....	11-12
Тема 7. Полігони ТПВ.....	12-14
Тема 8. Апаратурно-технологічне оформлення і компонування газоочисних споруд.....	14-20
ТЕМА 9. Основні технологічні функції апаратів очищення.....	20-34
Тема 10. Проектування газопроводів та арматури. видалення та первинна обробка вловленого продукту.....	34-59
II. Зміст теоретичної частини дисципліни.....	60
Контрольні запитання до самостійної роботи студентів.....	60-61
Список використаних джерел.....	62

## ВСТУП

Ця методична розробка являє собою вказівки до практичних і семінарських занять, а також самостійної роботи студентів з дисципліни «Розробка проектної документації у природоохоронній діяльності» укладені відповідно до освітньо-професійної програми «Техногенно-екологічна безпека» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології».

**Метою** практичних (семінарських) занять і самостійної роботи студентів є закріплення наявних знань про зміст проектної справи, розділи проектної документації, які мають розробляти фахівці у сфері техногенно-екологічної безпеки та особливості проектування окремих природоохоронних об'єктів і заходів.

### **У результаті виконання роботи студенти повинні:**

*Знати й розуміти:*

- функцію еколога підприємства;
- функцію проектувальника.

*Уміти:*

- користуватися технічною документацією;
- розробити проекти заходів щодо запобігання проникнення шкідливих речовин до навколишнього середовища;
- розробити проект облаштування територій, що підлягають особливій охороні;
- розробити розділ проекту «Оцінка впливу діяльності, що проектується, на навколишнє середовище (ОВНС)»;
- брати участь в екологічній експертизі та погодженні проектної документації.

## **I. ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

На практичних заняттях студенти під керівництвом викладача засвоюють теоретичний матеріал і набувають навичок практичних розрахунків.

Програма дисципліни «Проектування природоохоронних споруд і заходів» передбачає проведення практичних занять з лекційного курсу, вивчення теоретичних питань, що не ввійшли до лекційного матеріалу, освоєння методики проектування

**Для підготовки до кожної теми здобувач вищої освіти має теоретично ознайомитися з наведеними нижче питаннями і підготувати доповідь.**

## **Тема 1. Оцінка впливу об'єкта, що проектується, на навколишнє середовище (ОВНС). Розрахунково-графічна робота**

За даною тематикою студентами виконується розрахунково-графічна робота «Оцінка впливу діяльності, що проектується, на навколишнє середовище (ОВНС)» на прикладі виробничого підприємства згідно індивідуального завдання.

Оформлюється робота на стандартних аркушах формату А4. За першою титульною сторінкою, яка не нумерується, розміщується зміст роботи. Шрифт Times New Roman, розмір шрифту 14, міжстрочний інтервал 1,5. Об'єм роботи складає до 10 печатних сторінок. Позитивна оцінка за РГР ставиться у випадку обґрунтованої, повної відповіді та відповідного захисту роботи студентом. Захищена робота є допуском до екзамену.

### **1. Мета і порядок розробки розділу ОВНС**

З метою уникнення появи нових джерел загрози навколишньому середовищу при проектуванні нових об'єктів або реконструкції існуючих у складі проектної документації виконують розділ ОВНС – оцінку впливу планованої діяльності на навколишнє середовище.

Порядок розробки розділу ОВНС визначається ДБН А.2.2-1-2003. [4] Законодавством ([4], додаток Е) встановлений перелік видів діяльності, що становлять підвищену екологічну небезпеку.

Залежно від розмірів та небезпечності об'єкта, який проектується, обсяг розділу ОВНС може складати декілька томів.

Розділ ОВНС віддають на державну екологічну експертизу разом із проектом будівництва або реконструкції об'єкта.

### **2. Структура ОВНС**

Розділ ОВНС у повному обсязі містить:

- підстави для проведення ОВНС;
- фізико-географічні особливості району розташування, земельної ділянки для будівництва об'єкта проектування;
- загальну характеристику об'єкта проектування;
- оцінку впливів планованої діяльності на навколишнє природне, соціальної техногенне середовища;
- комплексні заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища і його безпеки, включаючи заходи про попередження аварій;
- оцінку впливів на навколишнє середовище під час будівництва;
- оцінку ризику впливу планованої діяльності на навколишнє середовище (оцінка ризику впливу на природне середовище, здоров'я населення, оцінка соціального ризику, ідентифікацію потенційно небезпечних об'єктів, опис технічних рішень із запобігання розвитку аварій та локалізації викидів небезпечних речовин, забезпечення пожежної та вибухобезпеки, наведення рекомендацій зі зниження ризиків);
- заяву про екологічні наслідки.

### **Контрольні запитання:**

1. Мета і порядок розробки розділу ОВНС.
2. Структура ОВНС. Характеристика окремих розділів ОВНС.
3. Перелік об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку.

## **Тема 2. Кошторисна справа**

### **1. Види кошторисної документації**

Вартість будівництва визначають під час проектування об'єкта шляхом складання кошторисної документації згідно з ДБН Д.1.1-1-2000. [5]

Складаються такі види кошторисної документації: локальні кошториси на окремі види робіт, що встановлені під час розробки робочої документації;

- об'єктні кошторисні розрахунки, що об'єднують у своєму складі дані з локальних кошторисів на об'єкт у цілому;
- зведені кошторисні розрахунки, які складаються на базі об'єктних кошторисів;
- зведення витрат – це кошторисний документ, який об'єднує зведені кошторисні розрахунки вартості будівництва.

У складі проектної документації розробляються:

- зведення витрат;
- зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва;
- об'єктні й локальні кошториси;
- відомості ресурсів до локальних кошторисів;
- кошторисні розрахунки на окремі види витрат;
- кошториси на проектні та вишукувальні роботи;
- кошториси на пуско-налагоджувальні роботи;
- відомість кошторисної вартості будівництва об'єктів і робіт з охорони навколишнього середовища.

### **Контрольні запитання:**

1. Нормативні документи й матеріали, які використовують для складання кошторисної документації на будівництво природоохоронного об'єкту.
2. Види кошторисної документації.
3. Дати докладну характеристику та структуру кожного виду кошторису.

## **Тема 3. Екологічна експертиза проектів. Участь проектувальника у погодженні проектної документації**

Екологічна експертиза в Україні – вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища, і спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища,

раціональне використання і відтворення природних ресурсів, гарантування екологічної безпеки. [6]

Проектна документація об'єктів або видів діяльності, що можуть негативно впливати на стан навколишнього середовища, підлягає екологічній експертизі, яка полягає в оцінці відповідності проектних матеріалів нормам і вимогам природоохоронного законодавства.

Екологічна експертиза поділяється на державну та громадську.

Висновки громадської екологічної експертизи мають рекомендаційний характер і можуть бути враховані при проведенні державної екологічної експертизи.

Висновок екологічної експертизи складається з вступної, описової та заключної частин.

Висновки екологічної експертизи можуть бути трьох видів:

- схвалення проекту без зауважень з рекомендаціями до його реалізації;
- повернення проекту на доопрацювання із зауваженнями державної екологічної експертизи;
- відхилення проекту від подальшого еколого-експертного розгляду.

#### **Контрольні запитання**

1. Мета та основні завдання екологічної експертизи.
2. Загальні вимоги щодо проведення екологічної експертизи.
3. Форми екологічної експертизи.
4. Порядок проведення екологічної експертизи.

#### **Тема 4. Нагляд за будівництвом об'єкта, що запроектований.**

##### **Участь проектної організації в пуско-налагоджувальних роботах та введенні об'єкта в експлуатацію**

У процесі реалізації проекту проектна організація здійснює нагляд за будівництвом об'єкта, який полягає у контролі за зведенням споруд згідно з проектом або внесення (у разі потреби) відповідних змін до проектних рішень.

Особливої уваги авторського нагляду потребують підземні та інші споруди, доступ до яких після закінчення будівництва неможливий або обмежений. При зведенні таких споруд складають акти прихованих робіт, в яких засвідчують відповідність зведених споруд проектним рішенням.

Усі дії авторського нагляду фіксують в окремому журналі.

Представники проектної організації беруть участь у пуско-налагоджувальних роботах, доводячи ефективність роботи природоохоронних споруд до проектних параметрів.

#### **Контрольні запитання**

1. Призначення авторського нагляду.
2. Акти прихованих робіт.
3. Пусконалагоджувальні роботи природозахисних споруд.
4. Введення об'єктів в експлуатацію.



## **Тема 5. Очищення та відведення поверхневого стоку з промайданчиків**

### **1. Природоохоронні об'єкти та особливості їх проектування**

До природоохоронних об'єктів відносять споруди, устаткування та комплекси заходів, за допомогою яких дотримуються встановлених належним чином нормативних параметрів допустимого впливу на навколишнє природне середовище та збереження або поліпшення стану окремих складових довілля. При проектуванні природоохоронних об'єктів та заходів слід дотримуватись наступних умов:

- Природоохоронні заходи та об'єкти, які проектують, мають повністю забезпечити досягнення встановлених нормативів охорони природного середовища та раціонального використання природних ресурсів.
- Намагаючись захистити від забруднення та виснаження один якийсь компонент довкілля, не слід допустити забруднення або порушення іншого.
- Природоохоронні заходи, що плануються, мають комплексно вирішувати проблеми збереження й відтворення природного середовища.
- Враховуючи надзвичайно складні умови, в яких експлуатуються природозахисні споруди, слід використовувати для їх виготовлення довговічні матеріали, конструкції їх мають бути придатними для заміни або часткового ремонту окремих деталей, що зношуються.
- Слід дотримуватись розумної виваженої економії при створенні та експлуатації природоохоронних споруд.
- При проектуванні природоохоронних заходів необхідно використовувати новітні досягнення науки і техніки в галузі технологій та матеріалів.

### **2. Особливості поверхневого стоку, що утворюється на території підприємств**

При проектуванні систем дощової каналізації промислових підприємств необхідно розглядати можливість ліквідації або зменшення виносу шкідливих речовин поверхневим стоком з території підприємства; можливість використання поверхневого стоку в системах промводоспоживання; доцільність самостійного або спільного зі стічними водами очищення перед скиданням у водні об'єкти. [1]

З метою зменшення виносу забруднень поверхневим стоком на промислових підприємствах має передбачатися здійснення наступних заходів:

- виключення скидання в дощову каналізацію відпрацьованих речовин, у тому числі нафтопродуктів;
- огороження зон озеленення бордюрами, що виключають змив ґрунту під час зливових дощів на дорожні покриття;
- підвищення ефективності роботи пило- і газоочисних установок і доведення концентрації пилу й шкідливих речовин в атмосфері до припустимих нормативних меж;
- огороження будівельних майданчиків з упорядкуванням відводу поверхневого стоку по тимчасовій системі відкритих каналів і відстоюванням

його в земляних відстійниках;

- локалізація ділянок території, де неминучі аварійні просипи й протоки сировини й проміжних продуктів, з відведенням поверхневого стоку до системивиробничої каналізації;

- упорядкування складування й транспортування сипучих і рідких матеріалів.

Залежно від хімічного складу домішок, що накопичуються на території промайданчиків і змиваються поверхневим стоком, промислові підприємства окремі його ділянки можна розділити на дві групи.

До першої групи відносять підприємства й ділянки, стік з яких при виконанні вимог із упорядкування джерел його забруднення за хімічним складом близький до поверхневого стоку із житлових зон і не містить специфічних речовин з токсичними властивостями.

Основними домішками, що втримуються в стоці з території підприємств першої групи, є грубодисперговані домішки, нафтопродукти, що сорбовані, головним чином, на зважених речовинах, мінеральні солі й органічні домішки природного походження.

До першої групи відносять підприємства чорної металургії (за винятком коксохімічного виробництва), машино- і приладобудівної, електротехнічної, вугільної, нафтової, легкої, хлібопродуктової, молочної, харчової промисловостей, сіркової та содової підгалузей хімічної промисловості, енергетики, автотранспортні підприємства, річкові порти, авто- і судноремонтні заводи, а також ділянки територій нафтопереробних, нафтохімічних, хімічних і целюлозно-паперових підприємств, на які не попадають специфічні забруднення.

До другої групи відносять підприємства й ділянки, на яких за умовами виробництва на сучасному етапі не представляється можливим повною мірою виключити надходження до стоків специфічних речовин з токсичними властивостями або значними кількостями органічних речовин, що обумовлюють високе значення показників ХСК і БСК стічних вод.

До другої групи відносять підприємства: кольорової металургії, коксохімії, хімічної, лісохімічної, целюлозно-паперової, нафтопереробної, нафтохімічної й мікробіологічної промисловості, шкіро-сировинні й шкіряні заводи, м'ясокомбінати, шпалопросочувальні заводи.

У поверхневому стоці підприємств другої групи (крім перерахованих домішок) можуть бути присутні також забруднення, які специфічні для даного виробництва.

**Таблиця 1.1 – Значення коефіцієнта стоку  $\phi$  для різних поверхонь**

<b>Тип поверхні</b>	<b>Коефіцієнт <math>\phi</math></b>
Покрівля будов і споруд, асфальтобетонні покриття	0,95
Брущаті мостові й чорні щебеневі покриття доріг	0,6
Бруківки	0,45
Щебеневі покриття, не оброблені бітумними матеріалами	0,4
Гравійні садово-паркові доріжки	0,3
Грунтові поверхні (сплановані)	0,2
Газони	0,1

Розрахункове наповнення водостічних трубопроводів варто приймати повне. Допускається короткочасна робота водостоків у напірному (до 1,5 м вод.ст.) режимі.

Розрахункові швидкості руху води у водостічних мережах слід приймати:

- найбільшу – для неметалевих труб – 7 м/с, для пластмасових – 10 м/с;
- найменшу – 0,7-1 м/с.

### ***3. Споруди з очистки поверхневого стоку з проммайданчиків***

При розробці схеми відведення й очищення поверхневого стоку залежно від конкретних умов (джерел забруднень території, розмірів, конфігурації й рельєфу водозбірного басейну, наявності вільних площ для будівництва очисних споруд та ін.) має враховуватися необхідність локалізації окремих ділянок виробничої території з відводом стоку у виробничу каналізацію або після попереднього очищення в дощову каналізацію, а також оцінюватися доцільність роздільного відведення на очищення стоку з водозбірних площ, що відрізняються за характером і ступенем забруднення території. Схема відведення має передбачати по можливості самопливну подачу стоку на очисні споруди. [1]

Для очищення поверхневого стоку з території промислових підприємств першої групи може передбачатися устрій самостійних споруд або відведення наміські або заводські очисні споруди для очищення разом із промисловими або виробничими стічними водами. Очищення поверхневого стоку з території промислових підприємств другої групи, які містять специфічні домішки з токсичними властивостями, варто передбачати, як правило, разом з виробничими або промисловими стічними водами.

Застосування самостійного очищення такого стоку має бути обмеженим через значні витрати на очищення й технічні труднощі, обумовлені епізодичною експлуатацією споруд, призначених для видалення зі стоку специфічних домішок.

У схемах відведення й очищення поверхневого стоку з території промислових підприємств першої групи в більшості випадків варто передбачати поділ стоку перед очищенням з метою зменшення розмірів очисних споруд і подачі на очищення найбільш забрудненої частини стоку.

При відведенні на очищення поверхневого стоку з території промислових підприємств другої групи попередній поділ стоку не допускається через необхідність очищення всієї його кількості. Для зменшення потрібної потужності очисних споруд у таких випадках, як правило, варто передбачати регулювання витрат стоку. Розмір регулюючої ємності при цьому приймається за умови мінімальних загальних витрат на знешкодження стоку.

Відведення поверхневого стоку без попереднього поділу й регулювання для очищення разом з виробничими стічними водами й наступним використанням може прийматися на підприємствах як першої, так і другої групи з водоемними виробництвами й оборотним водопостачанням (металургійні заводи, фабрики флотаційного збагачення руд і вугілля, нафтопромислові, нафтохімічні та нафтопереробні заводи) при наявності в системах водопостачання значних за обсягом накопичувальних ємностей.

## Контрольні запитання

1. Що таке природоохоронні об'єкти? Назвіть приклади.
2. Яких умов слід дотримуватись при проектуванні природоохоронних об'єктів?
3. Які заходи передбачають для зменшення виносу забруднень поверхневим стоком на промислових підприємствах?
4. Як класифікують підприємства в залежності від хімічного складу поверхневого стоку? Назвіть приклади підприємств. Як відрізняється якісний склад поверхневого стоку підприємств?
5. Як відбувається збір та очистка поверхневого стоку підприємств?
6. Як визначити витрати дощових вод для розрахунку очисних споруд?

## ТЕМА 6. ОЧИСНІ СПОРУДИ КАНАЛІЗАЦІЇ

### 1. Склад проектної документації

Склад проектної документації для будівництва визначають ДБН А.2.2-3-2004.

[2] Процес розробки проектної документації (залежно від складності об'єкта)

має одну, дві або три стадії.

Одна стадія – робочий проект (РП) – розробляють проекти для технічно не складних об'єктів. Для більш складних об'єктів проектування має дві стадії: ескізний проект (ЕП) і робоча документація (Р) – для об'єктів цивільного призначення, а для виробничих об'єктів – техніко-економічний розрахунок (ТЕР) і робоча документація (Р). Проекти технічно складних об'єктів виробничого призначення виконують у три стадії: техніко-економічне обґрунтування (ТЕО), проект (П), робоча документація (Р).

### 2. Проблеми функціонування очисних споруд каналізації в сільській місцевості

У багатьох малих населених пунктах очисні споруди відсутні, а там, де вони були колись збудовані, у цей час повністю вийшли з ладу й не підлягають відновленню, головним чином, через погану експлуатацію й не проведення своєчасних ремонтних робіт із заміни встаткування, що зносилося.

Будівництво нових традиційних очисних споруд або капітальний ремонт споруд, що вийшли з ладу, ведеться повільними темпами, що пов'язане з високою вартістю капітальних вкладень, а головне – значними експлуатаційними витратами (реагенти, високі тарифи на електроенергію, необхідність утримувати кваліфікований обслуговуючий персонал і ін.), які зазвичай не покриваються тарифом за очищення стічних вод.

Особливістю водовідведення стічних вод у сільській місцевості є їх порівняно невеликий обсяг і більша нерівномірність скидання протягом доби, як почасти витрат стічних вод, так і забруднень.

Тому, успішно застосовувані на великих очисних спорудах методи очищення, не завжди придатні для малих очисних споруд.

Перераховані особливості визначають вибір методів очищення й технічних рішень установок малої каналізації: вони мають бути ефективними, простими, надійними в роботі; мусять мати високу якість і одночасно низьку

вартість.

### **3. Сучасні методи і споруди з очистки стічних вод невеликих об'ємів**

На очисних спорудах використовують такі способи обробки стічних вод:

*Континуальний* – коли стічні води обробляють, пересуваючись із однієї зони очисних споруджень в іншу ;

*Дисконтинуальний* – коли стічні води проходять усі цикли очищення в одному просторі споруди шляхом чергування умов у ньому (SBR-Реактор).

Споруди, що використовують для очистки стічних вод малих об'ємів:

- Вигрібні ями – гідроізольовані ємності для накопичення стічних вод;
- септики – споруди для очистки стічних вод методом метанового збражування з терміном перебування не менше трьох діб;
- компактні установки (КУ) – компактні аераційні установки призначаються для біологічного очищення стічних вод методом «повного окислювання» з аеробною стабілізацією надлишкового активного мулу;
- компактні станції біологічного очищення (КСБО) – компактні очисні споруди. Все устаткування та елементи КСБО виконують у вигляді блок-контейнерів, розміри яких дозволяють перевозити їх будь-яким видом транспорту й забезпечують легкий монтаж на місці експлуатації;
- споруди типу біоплато (інші назви: constructed wetland, БІС, ботанічні майданчики тощо) – споруди що поєднують внутрішньоводоемні та ґрунтові методи очищення з використанням вищої водної рослинності.

#### **Контрольні запитання**

1. Які нормативні документи використовують при проектуванні природоохоронних споруд та заходів?
2. Порядок розробки проектної документації.
3. З чого складається проектна документація?
4. Стадії проектування.
5. Особливості проектування та експлуатації каналізаційних очисних споруд усільській місцевості.
6. Сучасні методи і споруди з очистки стічних вод невеликих об'ємів.

## **ТЕМА 7. ПОЛІГОНИ ТПВ**

### **1. Особливості проектування полігонів ТПВ**

Полігони ТПВ є інженерними спеціалізованими спорудами, які призначені для захоронення твердих побутових відходів. [3]

Полігони ТПВ мають забезпечувати санітарне та епідемічне благополуччя населення, екологічну безпеку навколишнього природного середовища, запобігати розвиткові небезпечних геологічних процесів і явищ.

На полігони ТПВ приймають тверді побутові відходи з житлових будинків, громадських будинків і установ, підприємств торгівлі, громадського харчування, а також вуличний і садово-парковий зміт, будівельне сміття і деякі види твердих інертних відходів за відповідним обґрунтуванням, а також промислові відходи III-IV класів небезпеки з дозволу місцевих органів

санітарно-епідеміологічної та екологічної служб, пожежної інспекції.

Промислові відходи IV класу небезпеки використовують на полігоні твердих побутових відходів як ізолюючий матеріал у середній та верхній частині полігона.

Основними елементами полігона ТПВ є: підїзна дорога, ділянка складування ТПВ, господарська зона, інженерні споруди і комунікації.

Ділянку складування розбивають на черги експлуатації з урахуванням забезпечення приймання відходів на кожній черзі протягом 3-5 років. У складі першої черги виділяють пусковий комплекс на перші 1-2 роки.

Складування відходів на першій, другій і (якщо дозволяє площа ділянки) на третій черзі ведуть на висоті 2-3 ярусів (висота ярусу дорівнює 2,0-2,5 м).

## ***2. Сучасні природоохоронні заходи, які використовують в умовах роботи полігонів ТПВ***

Територія полігона ТПВ, у тому числі ділянка складування і господарська зона, має бути захищеною від затоплення зливовими та талими водами з вище розташованих земельних масивів (ділянок). Для забезпечення запобігання попаданню стоку зливових і талих вод, а також фільтрату з території полігона у зовнішні водовідвідні споруди, проектується комплекс гідротехнічних споруд.

Поверхневі (зливові й талі) води з території полігона збирають в секційний контрольно-регулюючий ставок. Місткість кожної секції слід розраховувати на об'єм максимального добового дощу, що повторюється один раз на 10 років.

Дно і укоси котловану мусять мати протифільтраційні екрани з природних матеріалів з коефіцієнтом фільтрації води не більшим  $10^{-9}$  м/с і товщиною не менше 1,0 м.

Якщо протифільтраційний екран з мінерального ґрунту не відповідає згаданим вище вимогам, застосовують штучний протифільтраційний екран із синтетичних матеріалів високої щільності, що мають коефіцієнт фільтрації води не більший за  $10^{-9}$  м/с, термін дії не менший, ніж 100 років, стійкий до можливих навантажень, ультрафіолетового випромінювання і пошкодження гризунами, завтовшки не менше 3 мм для категорії високонавантажених полігонів ТПВ.

Після вичерпання можливості складування сміття, полігон засипають землею, але в товщі відходів протягом десятків років ідуть біологічні процеси анаеробного зброджування органічної частини відходів з виділенням біогазу. На місцях колишніх великих смітників у ряді випадків вважається економічним налагодити промисловий видобуток біогазу.

Формально будь-які види відходів являють собою сукупність тих чи інших хімічних сполук, які різними технологічними шляхами (зокрема за рахунок хімічних перетворень) можуть бути перетворені в потрібні цільові продукти. Багато видів відходів можна без завдання збитків навколишньому середовищу використовувати й для одержання енергії замість традиційних видів палива (газу, нафти, вугілля). У країнах Європи прийнятий спосіб депонування відходів дозволяє за рахунок виділення біогазу обслуговувати

енергією й теплом цілі селища й невеликі міста.

У результаті протікання в тілі полігона процесів анаеробного розкладання ТПВ, проникнення усередину тіла полігона атмосферних опадів утворюється фільтрат, що представляє собою коричнево-буру рідину, що має змішаний запах ароматичних вуглеводів, аміаку, гнильних з'єднань та ін.

Склад і кількість фільтрату залежить від складу ТПВ, а він у свою чергу від раціону харчування населення й наявності побутових послуг, кліматичної зони й сезону року й ін., а також від віку смітника.

Висока токсичність фільтрату робить необхідним створення для його знешкодження очисних споруд. Процес очищення значно ускладнюється тим, що первісний склад фільтрату не стабільний і значно змінюється при зберіганні в ставках-накопичувачах.

### **Контрольні запитання**

2. Особливості проектування полігонів ТПВ.

3. Як полігони ТПВ можуть забруднювати навколишнє середовище?

4. Які інженерно-технічні заходи мають бути передбачені проектом для захисту навколишнього середовища від впливу полігона при його будівництві, під час активної експлуатації і після його закриття?

## **Тема 8 . АПАРАТУРНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОФОРМЛЕННЯ І КОМПОНУВАННЯ ГАЗООЧИСНИХ СПОРУД**

### **2.1 Класифікація компоновок**

Компоновка газоочисних споруд діляться на декілька типів.

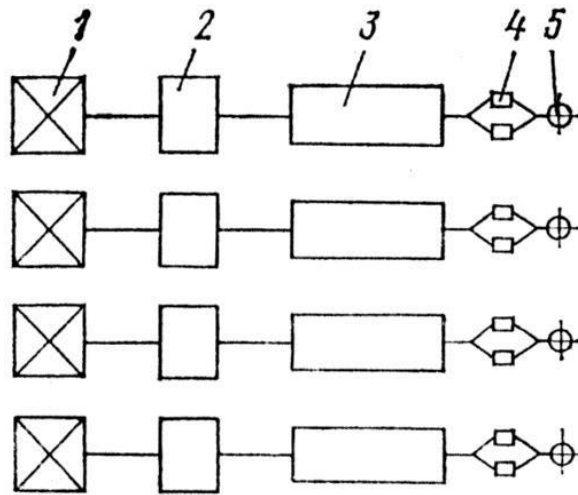
За **технологічними** ознаками:

- пониткова;
- колекторна;
- змішана.

За **будівельними** ознаками:

- розвинена по горизонталі;
- розвинена по вертикалі;
- змішана;
- роз'єднана.

**Пониткова компоновка** (рис. 2.1), коли кожне джерело викидів має відповідний тракт газоочищення, що незалежний від інших трактів і не сполучається з ними. Робота газоочищення впливає на роботу основного технологічного устаткування. А нестабільна робота агрегату-джерела негативно відбивається на газоочищенні.



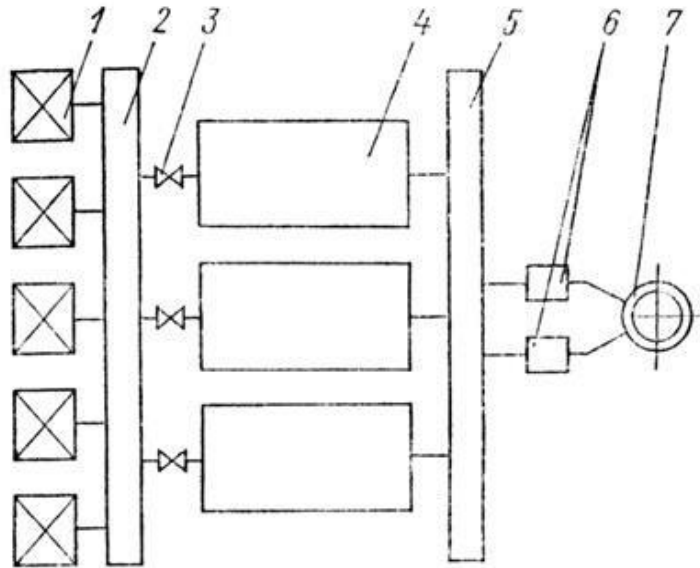
1 – джерело викидів; 2 – перший ступінь очистки; 3 – другий ступінь очистки; 4 – ТДМ (робоча та резервна); 5 – димова труба

Рисунок 2.1 – Пониткова компоновка

**Розводка за допомогою колектора** (рис. 2.2) як первинного пелоосаджувача застосовується в найбільш великих газоочисних спорудах. Це дозволяє видалити більш крупні фракції суспензії в газовому потоці, а також усереднити по складу і температурі газовий потік (при нерівномірній і неодноразовій роботі апаратів-джерел).

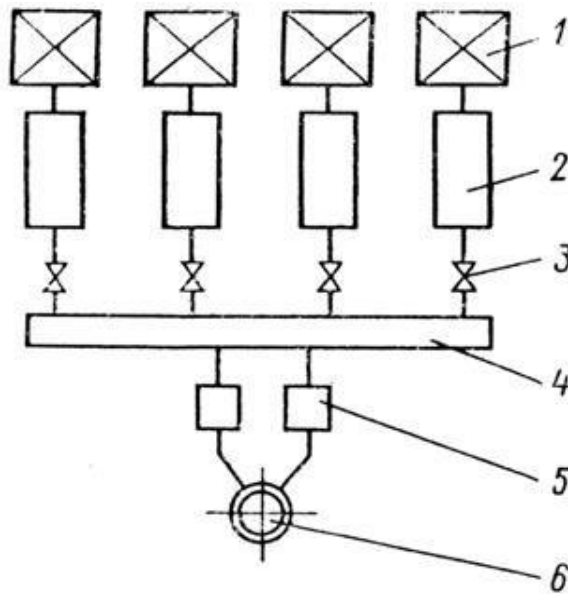
**Варіант змішаної** (рис. 2.3) **компоновки** використовують, коли роздача запиленого газу по апаратах пов'язана з труднощами, а збір очищеного газу вирішується без особливих проблем.





1 – джерело викидів; 2 – колектор, що роздає; 3 – запоро-регулюючий пристрій; 4 – газоочисний апарат; 5 – колектор, що збирає; 6 – ТДМ (робоча та резервна); 7 – димова труба

Рисунок 2.2 – Варіант колекторної компоновки



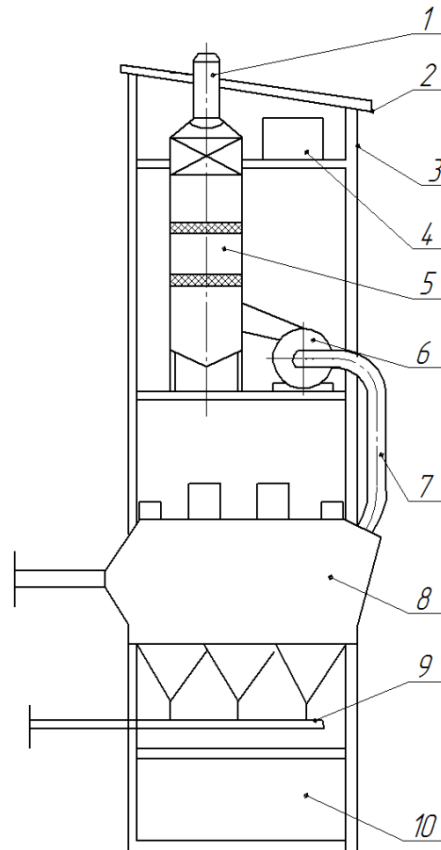
1 – джерело викидів; 2 – газоочисний апарат; 3 – запоро-регулюючий пристрій; 4 – колектор, що збирає; 5 – ТДМ (робоча та резервна); 6 – димова труба

Рисунок 2.3 – Варіант змішаної (за технологічними ознаками) компоновки

За будівельними ознаками **розвинена по горизонталі компоновка**, коли опорні облаштування усіх елементів газоочищення розташовуються на відмітці, прийнятій на цій промисловій площі за нульову, або якщо їх

відхилення від +0,00 є мінімальним. Переваги – немає важких несучих конструкцій; недоліки – наявність великих площ.

**Розвинена по вертикалі компоновка** характеризується відносно малою прямою забудови в плані і значною висотою. Необхідно застосовувати посилені будівельні конструкції (враховуючи заповнення апаратів пилом або рідиною); але таке компонування займає менше місця в плані (рис.2.4).

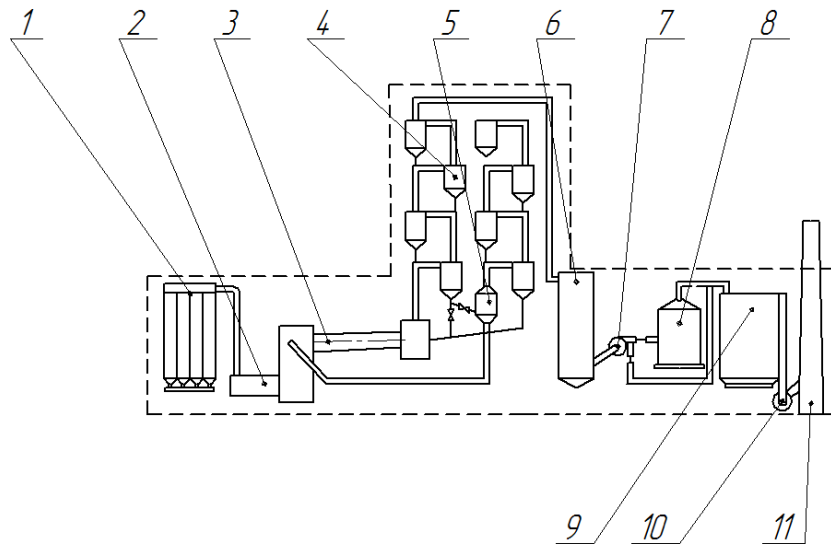


1 – вихлопна свічка; 2 – покрівля; 3 – несуча колона; 4 – бак для розчину; 5 – пінний апарат; 6 – ТДМ; 7 – пилогазопровід; 8 – електрофільтр; 9 – система видалення пилу; 10 – приміщення перетворювальної підстанції

Рисунок 2.4 – Приклад вертикально розвиненої компоновки

**Змішана:** основне устаткування скомпоновано по горизонталі, а блоки деякого устаткування по вертикалі (наприклад, циклонні теплообмінники), рис. 2.5.

**Роз'єднана:** різні вузли (східці) однієї газоочисної споруди розміщені на різних майданчиках, іноді пов'язаних довгими комунікаціями (наприклад, на старих, щільно забудованих підприємствах).



1 – рукавний фільтр; 2 – колосниковий холодильник; 3 – піч випалу цементу; 4 – циклонні теплообмінники; 5 – декаборнізатор; 6 – скруббер-кондиціонер; 7 – ТДМ; 8 – сировинний млин; 9 – електрофільтр-сепаратор; 10 – ТДМ; 11 – димова труба

Рисунок 2.5 – Варіант змішаної (за будівельними ознаками) КОМПОНОВКИ

## 2.2 Оцінка якості компоновок

Проекти, що є близькими технологічними аналогами, можуть істотно відрізнитися компонованням устаткування. Це відіграє важливу роль при виконанні проектів на конкурсній основі.

Оцінка якості компоновань заснована на понятті «компактність».

Компактність може бути проєкційна і об'ємна.

Коефіцієнт проєкційної компактності:

$$K_{п.к} = \frac{\sum S_{уст}}{S_{п.з}} \quad (1.3)$$

де  $\sum S_{уст}$  – сума площ проєкцій устаткування на пляму забудови, м<sup>2</sup>;  
 $S_{п.з}$  – площа плями забудови, м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт об'ємної компактності:

$$K_{о.к} = \frac{\sum V_{ус}}{V_{заб}} \quad (1.4)$$

$$о.к \quad \frac{\sum V_{ус}}{V_{заб}}$$

$$\text{Або } K_{\text{о.к}} = \frac{\sum M}{V_{\text{заб}}}, \text{ кг/м}^3 \quad (1.5)$$

де  $\sum V_{\text{уст}}$  – сумарний об'єм обладнання в об'ємі простору, бічні межі якого співпадають з межами плями забудови; верхня межа - площина, що проходить через верхню точку комплексу, що будується, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{заб}}$  – об'єм простору плями забудови, яку розглядають, (включаючи заглиблення, приямки, що знаходяться нижче +0,000), м<sup>3</sup>;

$\sum M_{\text{уст}}$  – сумарна маса устаткування, розміщеного в просторі плями забудови, кг.

Якщо газоочищення розміщується на декількох окремих плямах забудови, коефіцієнт компактності розраховується окремо для кожної плями, а потім усереднюється:

$$K_{\text{п.}(o.)\text{к.}} = \frac{K_1 \square K_2 \square \dots \square K_n}{n} \quad (1.6)$$

Проекції усього устаткування (навіть по вертикалі) підсумовуються.

Таким чином:  $K < 1$  – горизонтальне компонування;  $K = 1$  – перехідне значення;  $K > 1$  – вертикальне компонування.

Для вертикально розвинених компонувань, характерним є **висотно-масовий коефіцієнт**:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{M_1 h_1 \square M_2 h_2 \square \dots \square M_i h_i}{\frac{M_1 \square M_2 \square \dots \square M_i}{M_i}} \quad (1.7)$$

де  $h_i$  – відстань від площини відліку до центру тяжіння  $i$ -го апарату, м;  $M_i$  – маса  $i$ -го апарату, кг;  $i$  – число апаратів.

**Щоб при проєктуванні не виникло ситуацій з невиправдано розтягнутими комунікаціями, ненормально великими просвітами між апаратами, довгими перехідними містками і так далі, необхідно чисельно аналізувати і порівнювати різні компонування.**

## ТЕМА 9. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ АПАРАТІВ ОЧИЩЕННЯ

Технологічні процеси очищення газових викидів ґрунтуються на фізичних та хімічних властивостях забруднювачів та використанні основних фізичних закономірностей, внаслідок яких відбувається пиловловлювання. Видалення пилоподібних частинок з газових потоків відбувається з використанням сухих та мокрих технологій очищення [2,3].

Удосконалення технологічних процесів та розробка нових мало- й безвідходних технологій шляхом створення безперервних замкнутих процесів, що дозволяють вловлювати й утилізувати газові відходи, базується на використанні одного або декількох механізмів осадження завислих в газах частинок.

**Основними механізмами осадження завислих частинок є дія сил гравітації, інерції, дифузії, відцентрових сил та сил зачеплення [2,3].**

**Осадження під дією сил гравітації (седиментація)** обумовлене вертикальним осіданням частинок внаслідок дії сили ваги при переміщенні їх через газоочисний апарат. Гравітаційне осадження застосовують для грубого очищення газових викидів від запилених частинок розміром 0,3...10 мм та більше.

**Осадження під дією відцентрової сили** відбувається при криволінійному русі аеродинамічного потоку, коли виникають відцентрові сили, під дією яких частинки пилу відкидаються на поверхню апарата. Відцентрове осадження частинок застосовують для очищення запиленого повітря з температурою до 500 °С від частинок розміром більше 5 мкм при швидкості руху газів 2...5 м/с.

**Інерційне осадження** відбувається у випадку, коли маса частинки або швидкість руху настільки незначні, що вона вже не може рухатися разом з газом по лінії течії, що охоплює перешкоду. Намагаючись за інерцією продовжувати свій рух, частинки пилу стикаються з перешкодою і осаджуються на ній.

Інерційне осадження частинок застосовують для грубого очищення газових викидів від запилених частинок розмірами менше 25...30 мкм при швидкості руху газів 10...15 м/с.

**Дифузійне осадження** відбувається внаслідок того, що дрібні

частинки пилу зазнають безперервної дії газів, які знаходяться в броунівському русі. В результаті цієї взаємодії відбувається осадження частинок на поверхні обтічних тіл або стінок пиловловлювача.

**Осадження частинок** за рахунок зачеплення спостерігається, коли відстань частинки, що рухається в газовому потоці, від обтічного тіла не перевищує її радіуса.

Крім основних механізмів осадження завислих частинок в технологічних процесах очищення газових викидів враховують термофорез, дифузіофорез, фотофорез, вплив електричного й магнітного полів та радіометричних сил.

**Термофорез** – це відштовхування частинок нагрітими тілами. Відштовхування викликане силами, що діють на нерівномірно нагріті частинки аерозолів, які знаходяться в газоподібній фазі. Механізм цих сил 10 суттєво залежить від відношення розміру частинки і середньої довжини вільного пробігу газових молекул.

**Дифузіофорез** – це рух частинки, що обумовлений градієнтом концентрації компонентів газової суміші, який проявляється в процесах випаровування та конденсації. Градієнт концентрації пару, що виникає при випаровуванні, є причиною гідродинамічної течії парогазової суміші, що впливає на осадження частинок.

**Фотофорез** – це рух частинок аерозолі, що освітлені з однієї сторони. Характер цього явища визначається розподіленням температур в освітлювальній частинці, яке залежить від форми і розміру частинок, прозорості та показника заломлення матеріалу. Якщо сторона, що звернена до світла, більш гаряча, ніж зворотна, то частинка буде віддалятися від джерела світла.

У технологічному обладнанні для пиловловлювання в більшості випадків одночасно беруть участь в очищенні газового потоку декілька фізичних процесів. Але, частіше, тільки один з них є домінуючим при осадженні частинок певного типу. При проектуванні технологічних процесів і конструюванні газоочисного обладнання необхідно в першу чергу визначити тип речовини, що видаляється з газового потоку, її об'єм та параметри.

Видалення частинок пилу з газових потоків з використанням гравітаційного, інерційного, відцентрового й дифузійного осадження та за рахунок зачеплення реалізується технологічним обладнанням для сухого або мокрого пиловловлювання, класифікація якого наведена на рис. 3.1. Класифікація пиловловлювачів за їх ефективністю залежно від дисперсності пилу наведена на рис 3.2 [2,3].

Характеристика видів технічного обладнання для знепилення, область найдоцільнішого його використання залежно від дискретності пилу та опір наведені на рис. 3.3

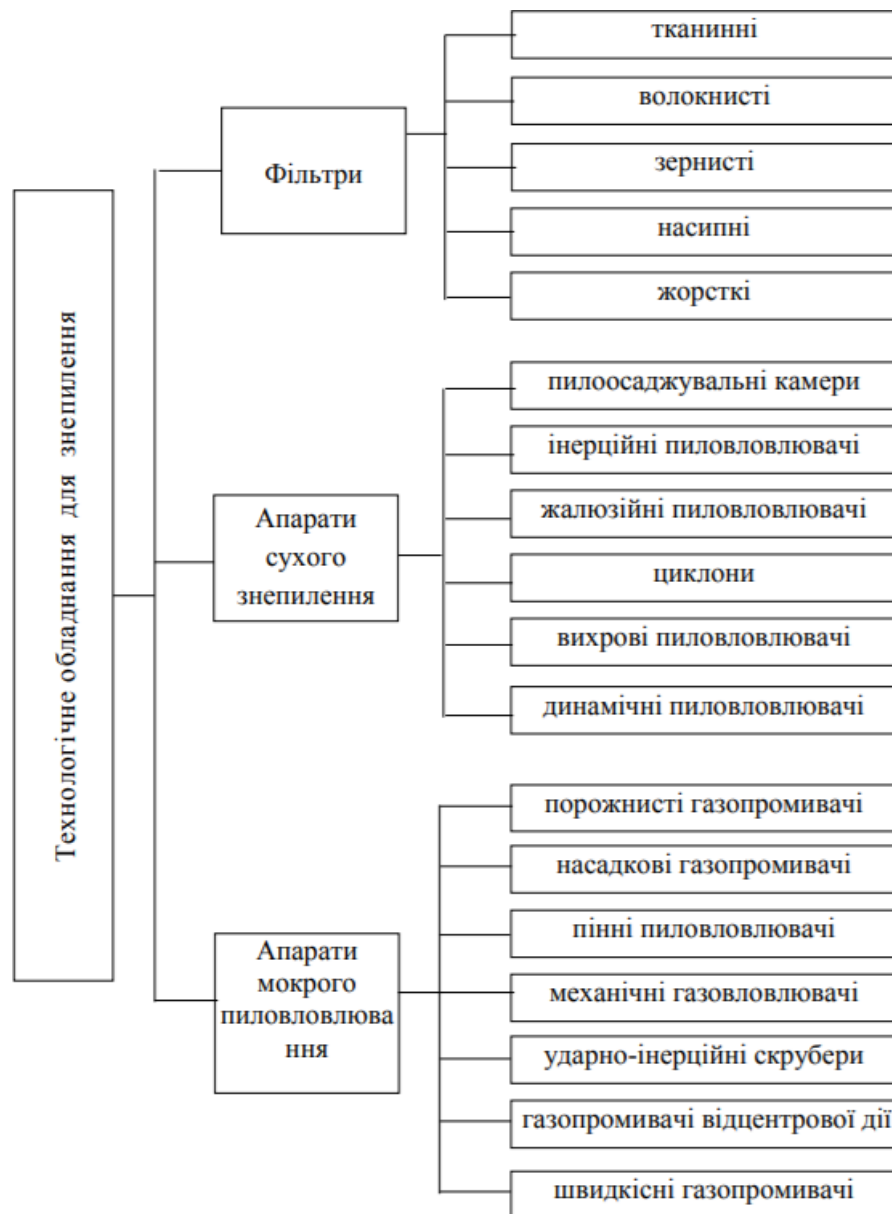


Рисунок 3.1 – Класифікація технологічного обладнання для сухого й мокрого очищення газів від пилу

Клас пиловловлювачів	Розміри частинок, що ефективно вловлюються, мкм	Нижня границя ефективності залежно від дискретності пилу	
		група дискретності пилу	ефективність, %
I	більше 0,3...0,5	V – дуже дрібнодисперсний	< 80
		IV – дрібнодисперсний	99,9...80
II	більше 2	IV – дрібнодисперсний	92...85
		III – середньодисперсний	99,9...92
III	більше 4	III – середньодисперсний	99...80
		II – великодисперсний	99,9...99
IV	більше 8	II – великодисперсний	99,9...85
		I – дуже великодисперсний	> 99,9
V	більше 9	I – дуже великодисперсний	> 99,9

Рисунок 3.2 – Класифікація пиловловлювачів за їх ефективністю

Вид пиловловлювача	Тип пиловловлювача	Клас пиловловлювача за ефективністю	Область найдоцільнішого використання за групами дисперсності пилу					Опір, кг/м <sup>2</sup>
			I	II	III	IV	V	
Гравітаційне осадження	Пилоосаджувальні камери	V	+	+	-	-	-	20
Інерційне осадження	циклони	IV	-	+	+	-	-	200
	відцентрові скрубери	IV	-	+	+	-	-	100
	ударно-інерційні скрубери	III	-	-	+	-	-	120
	струйні ротоклони	II	-	-	+	+	-	350
	швидкісні газопромивачі Вентурі	III	-	-	+	-	-	135
		II	-	-	+	-	-	350
I		-	-	-	+	+	1000	
Фільтрація за рахунок зачеплення	тканинні фільтри	V	+	-	-	-	-	80
Інерційне й дифузійне осадження	волокнисті фільтри	III	+	+	-	-	-	60
		II	-	-	+	+	-	150
		I	-	-	-	+	+	250
Дифузійне та інерційне осадження	порожнисті, насадкові та пінні пиловловлювачі	II	-	-	+	+	-	200

Рисунок 3.3 – Характеристика видів пиловловлювачів, область найдоцільнішого його використання залежно від дискретності пилу та опір

### 3.1 Спеціальне та нестандартизоване обладнання

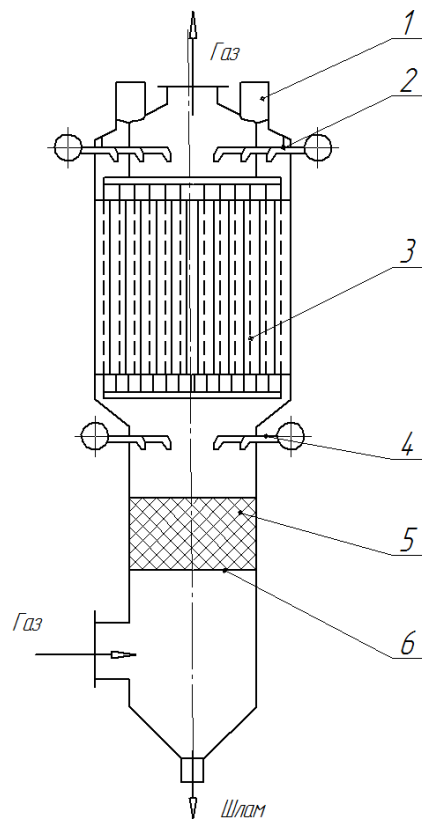
Крім газоочисних апаратів загальнопромислового призначення, існують інші, конструйовані спеціально і тільки для застосування в певних специфічних умовах.

Характерним прикладом може служити електрофільтр для рудно-термічних печей електросублімації жовтого фосфору. Він працює в виключно складних умовах [1], тому його конструкція різко відрізняється від звичайних електрофільтрів.

На глиноземних заводах застосовується комбінований скруббер-електрофільтр (КМ – комбінований, мокрий). Він призначений для тонкого очищення газів, що спрямовуються у відділення карбонізації. Схема такого електрофільтра представлена на рис. 3.4.



Від попереднього він відрізняється тим, що в принципі може бути використаний в інших галузях виробництва, якщо в цьому виникне необхідність.



1 – ізоляторна коробка; 2 – змивні форсунки; 3 – система коронуючих та осаджувальних електродів; 4 – зрошувальні форсунки скруберної частини; 5 – насадка; 6 – опорні ґрати

Рисунок 3.4 – Скрубер-електрофільтр

Серед рукавних фільтрів особливе місце займає апарат ФРМ-1440, розроблений спеціально для знепилення повітря в замкнутих системах вентиляції та аспірації на азбестозбагачувальних комбінатах. Завдяки специфічним властивостям волокнистого азбестового пилу і ретельно відпрацьованим на експериментальному стенді режимам фільтрації і регенерації, фільтр дає залишкову запиленість не більше  $0,5 \text{ мг/м}^3$ . Цей апарат [1-3] в принципі можна використовувати і в інших галузях виробництва, проте в зв'язку з іншими властивостями пилу залишкове запилення буде на один-два порядки вище, тобто для замкнутих вентиляційно-аспіраційних систем він буде непридатний.

До спеціальних пристроїв можна віднести мокрий пиловловлювач для вагранних печей [1-3]. Він розроблений у різних конструктивних виконаннях, але спільність всіх модифікацій – його призначення для встановлення безпосередньо на верхньому обрізі шахти вагранки та інших технологічних агрегатів непридатний.

До нестандартизованого обладнання (НО) відносяться нескладні апарати, механізми, пристрої та пристрої, які відсутні в номенклатурі заводів-виготовлювачів, не передбачені загальнопромисловою нормативно-технічною документацією, однак є необхідними для застосування в даному **проекті**. Креслення нестандартизованого обладнання розробляються безпосередньо під час **проекткування**. Виготовляється воно за індивідуальними замовленнями на підприємствах, де таке замовлення вдається розмістити, а нерідко прямо на будівельному майданчику.

Відношення до розробки НО з боку проектувальників має визначатися такими міркуваннями:

1. Розміщення замовлень на НО завжди пов'язане з великими труднощами. Незалежно від організації виробництва на заводі-виробнику (яка постійно зазнає змін) замовлення на НО завжди є позаплановим і випадає з рамок загальної налагодженої технології. Положення посилюється тим, що це замовлення, як правило, невелике за обсягом і часто зводиться до виготовлення декількох, а іноді і єдиного виробу. Тому заводи або відмовляються від виконання замовлень на НО, або приймають їх без гарантій термінів виготовлення. В результаті, НО часто доводиться виготовляти в недостатньо обладнаних місцевих механічних цехах або ремонтних промайданчиках. Останнє призводить до різкого зниження якості виготовлення.

При проектуванні слід шукати всі можливості для того, щоб замість нестандартизованого застосовувати промислове обладнання, що є в номенклатурах заводів. Це потрібно робити навіть у тих випадках, коли серійне обладнання за будь-якими показниками (маса, вартість, габарити) виявляється гіршим за нестандартизоване, яке могло б бути сконструйоване. Це перевірено багаторічною практикою. Такий підхід себе виправдовує, оскільки витрати сил і часу на досягнення домовленості про виготовлення нестандартизованого обладнання зазвичай зводять нанівець економію, що досягається за рахунок його використання у проекті.

У випадках, коли розробка НО є необхідним, замовник та автори проекту складають двосторонній документ, у якому обґрунтовують необхідність зазначеної розробки та точно визначають шляхи її реалізації. Питання, де виготовлятиметься НО, вирішується до складання згаданого документа шляхом попередньої домовленості з підприємством-виробником (договірність фіксується документально). Допускається вирішення питання у наступному формулюванні: «Замовник проекту бере на себе розміщення замовлення виготовлення нестандартизованого устаткування».

### 3.2 Утилізація теплоти газів, що викидаються

У зв'язку з енергозбереженням, якому в останні роки приділяють багато уваги, постало питання про утилізацію теплоти летких промислових викидів.

З технологічної точки зору утилізацію можна розділити на первинну та вторинну.

**Первинна** – відбір теплоти від викидних газів безпосередньо без проміжних агентів. Вона здійснюється за допомогою теплообмінних пристроїв, вмонтованих в основний тракт газоочищення.

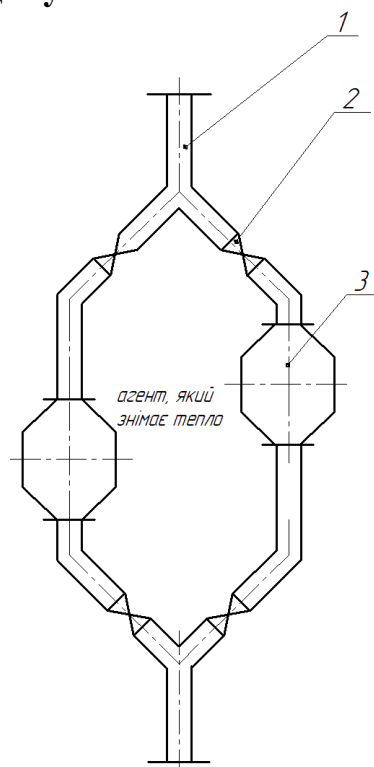
**Вторинна** – відбір теплоти від проміжного агента, що нагрівся в результаті контакту з викидними газами. Наприклад, при охолодженні гарячого газу водою в скрубєрі остання нагрівається. Якщо вбудувати теплообмінник у систему циркуляції води, це буде вторинна утилізація. Обидва способи утилізації застосовуються практично.

Розрахунок теплообмінних пристроїв проводять загальновідомими методами. Однак при проектуванні утилізації теплоти у складі газоочисних споруд виявляються деякі специфічні аспекти. Так, **найвигідніше утилізувати теплоту на самому початку тракту газоочищення.** По-перше, тут газ має найвищу температуру; по-друге, знімання частини теплоти знизить об'єм газів і, отже, зменшить розміри всієї наступної газоочисної апаратури. Однак, якщо очищення піддається не парогазовий викид, а аерозоль, то на початку тракту його концентрація теж буде найбільшою. Це спричиняє значні труднощі при виборі теплоутилізаційних пристроїв. У принципі можуть бути використані **три типи утилізатора**: котел-утилізатор, теплообмінник (трубчастий або пластинчастий типу газ – газ або газ – рідина) та калорифер.

Відомі котли-утилізатори працюють більш менш надійно при запиленості газу не більше  $100 \text{ г/м}^3$ . Але і тоді вони потребують періодичного очищення теплообмінних поверхонь, оскільки навіть невеликий шар пилу, що осів, призводить до різкого зниження коефіцієнта теплопередачі. **Котел-утилізатор, розташований у безпосередній близькості до джерела викиду, не повинен відноситись до обладнання газоочищення.** Він є досить складним теплотехнічним агрегатом, причому вироблена ним пара зазвичай використовується для потреб основного технологічного процесу [1].

При підготовці проектування та укладанні договору доцільно передавати установку котла-утилізатора генпроектувальнику, який має спеціалістів-теплотехніків потрібної кваліфікації. Досвід показав, що включення установки котла-утилізатора в межі газоочисної споруди призводить до різних ускладнень у ході проектування, будівництва та експлуатації. Відзначені випадки, коли пусконаладжувальні роботи на котлах-утилізаторах проводилися дуже важко і довго, причому до цих робіт залучалися фахівці, які не мають жодного відношення до очищення газів.

Теплообмінники проєктувальники можуть вибрати на власний розсуд відповідно до паспортних даних та номенклатурних переліків заводів-виробників. Під час роботи теплообмінників на сильно запиленому газі рекомендується запилений газ направити через теплообмінник зверху вниз і щоб забезпечити періодичне очищення поверхонь, покритих пилом. Щоб уникнути експлуатаційних ускладнень та непередбачених зупинок газоочищення, рекомендується встановлювати теплообмінники зі 100 %-м резервуванням (рис. 3.5). Щодо калориферів, то встановлення їх на запиленому газі взагалі не допускається.



1 – пилігазопровід; 2 – запірно-регулюючий пристрій; 3 – теплообмінник типу газ-газ або газ-вода

Рисунок 3.5 – Схема встановлення теплообмінників на тракті очищення газів

У зв'язку з викладеними обставинами у газоочисних спорудах утилізація теплоти нерідко вимушено передбачається після завершення основного процесу газоочищення. При цьому відпадають труднощі, викликані наявністю пилу, але значно знижується кількість теплоти, що утилізується. Сьогодні рукавні фільтри загальнопромислового застосування допускають температуру газу не вище 200-250 °С, електрофільтри – не вище 400-450 °С. Якщо газ надходить від джерела викиду з вищою температурою (нерідко до 800-900 °С), він все одно підлягає охолодженню, але без утилізації теплоти [1].

При утилізації теплоти в межах газоочисних споруд слід дотримуватись загального правила: утилізатори розміщувати там, де відбір теплоти буде максимально можливим з урахуванням запилення газу.

**Вторинна утилізація застосовується** в системах мокрого очищення газів. Зазвичай у систему циркуляції зрошуючої рідини вбудовуються теплообмінники типу вода-вода. Така схема, зокрема, добре відпрацьована в целюлозно-паперовій промисловості [1] при очищенні викидних газів содорегенераційних котлів.

Оскільки утилізація теплоти летких промислових викидів швидко набуває характеру міжгалузевої, економічно важливої проблеми, слід вирішувати її одночасно за декількома напрямками: необхідно терміново розробляти, по-перше, газоочисне (пиловловлююче) обладнання, здатне працювати при високих (до 600-700°C) температурах газів, а по-друге, котли-утилізатори та інше теплообмінне обладнання, що надійно працює в середовищі сильно запиленого газу. Обидва ці завдання технічно досить складні, але економічний ефект від їх вирішення виявиться дуже значним.

### **3.3 Кондиціонування газів**

Кондиціонування (підготовка) газів перед очищенням здійснюється або з метою інтенсифікації процесів в основних газоочисних апаратах, або для забезпечення нормальної їх експлуатації.

Існує чотири способи кондиціонування.

**Охолодження газів.** Верхня межа температури визначається матеріалами, з яких виготовлені апарати. Для електрофільтрів – це матеріал електродів і корпусу, для рукавних фільтрів – тканина рукавів.

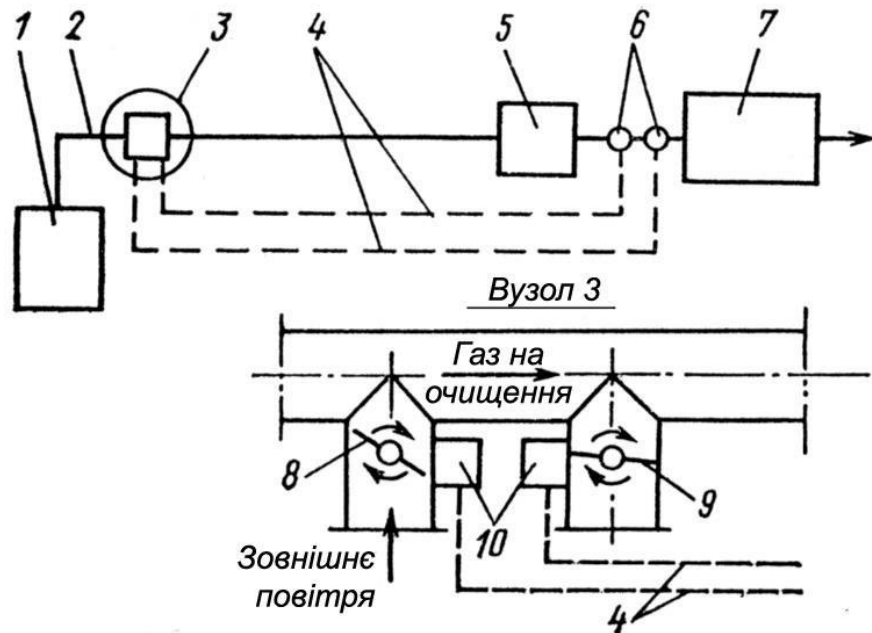
**Підігрів газів** застосовується для виключення конденсації парів води і кислот.

**При зволоженні** надто сухих газів покращуються властивості проміжку між коронуючими та осаджувальними електродами в електрофільтрах і знижується ПЕО пилу.

**Введення в газовій потік спеціальних добавок** (аміаку та інших), які інтенсифікують процес в електрофільтрі.

Охолодження газів (рис. 3.6) виконується за рахунок підсосу зовнішнього повітря. Його місце розташування визначається типом апарату очищення, щоб забезпечити максимальне перемішування гарячого і холодного потоку.

Підігрів газів (рис. 3.7) можна проводити шляхом спалювання палива в окремій топці з наступним вдуванням продуктів горіння в потік газу, що кондиціонується.



1 – джерело викиду; 2 – пилогазопровід; 3 – вузол автоматичного підсосу; 4 – імпульсні лінії від датчиків до блоку автоматичного підсосу; 5 – перший ступінь очищення; 6 – датчики (робочий і аварійний); 7 – другий ступінь очищення; 8 – 9 – дросельні клапани робочого і аварійного підсосу; 10 – приводні механізми

Рисунок 3.6 – Автоматичний пристрій для підсосу зовнішнього повітря в тракт газоочищення

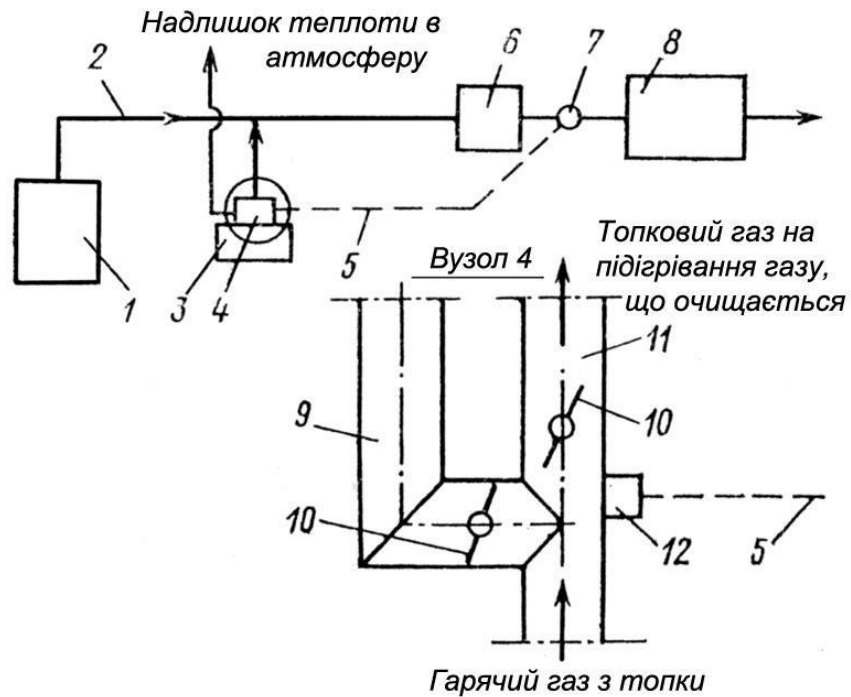
При проектуванні підігріву слід враховувати допустимий інтервал:

$$t = t_{\max} - t_0, \quad (3.1)$$

де  $t_0$  – температура газу, що очищається, яка перевищує на 20-30 °С «крапку роси»;

$t_{\max}$  – температура, яка максимально допускається за конструктивно-технологічними міркуваннями, °С.

Витрата гріючого газу, що вводиться до газоочистки, м<sup>3</sup>/с:



1 – джерело викиду; 2 – пилогазопровід; 3 – топка; 4 – вузол розподілення потоків гарячого газу; 5 – імпульсопровід; 6 – перший ступінь очищення; 7 – датчик температури; 8 – другий ступінь очищення; 9 – труба вихлопу надлишку гарячого повітря; 10 – дросель; 11 – труба подання гарячого газу в систему очистки; 12 – приводний механізм

Рисунок 3.7– Автоматичний пристрій для підігріву газів

$$q_{г.г} = \frac{q_{о.г} (t_{см} - t_{о.г})}{(t_{г.г} - t_{см})}, \quad (3.2)$$

де  $q_{о.г}$  – витрата газу, що очищається, м<sup>3</sup>/с;  
 $t_{о.г}$  – його температура, °С;  
 $t_{см}$  – температура газу після змішування, °С;  
 $t_{г.г}$  – температура гарячого газу, °С.

Для зволоження найчастіше використовують скрубери повного випару.

Вони переважно застосовуються перед електрофільтрами, значно рідше – перед рукавними фільтрами. У другому випадку вони використовуються лише для охолодження, а зволоження є небажаним, але неминучим явищем.

**Важливо звернути увагу на обставину, недооблік якої може призвести до повної неприцездатності всієї газоочисної споруди. Повне випаровування може бути гарантовано надійно при температурі газу 180-200 °С і більше. За меншої температури небезпечні її коливання. Скрубери повного випаровування, призначені для роботи за порівняно невисокої температури газу, повинні забезпечуватися абсолютно надійним**

регулюванням витрати води. Ступінчасте регулювання (вимикання одного або двох ярусів форсунок) зручне в області високих температур (400-800°C); при температурах нижче 200-250°C потрібно вже плавне регулювання. Теоретично повне випаровування можливе і при 120-130°C, проте в цій області температур їх коливання можуть призвести до занесення крапельної вологи в апарат, призначений тільки для сухого уловлювання.

Засоби для гнучкого і точного регулювання витрати води залежно від температури газу є, проте їхня працездатність визначається не тільки їх власними характеристиками, але й умовами експлуатації (захистом від суворих кліматичних умов, кваліфікацією персоналу, загальною культурою виробництва на даному підприємстві).

У ситуаціях, коли температура газу лежить у межах 100-200 °С, а властивості пилу такі, що без попереднього кондиціонування не обійтися, доцільно розглянути варіант з використанням рукавних фільтрів.

**Можливість упорскування розпиленої води в потік газу має визначатися на основі врахування властивостей пилу.** Якщо пил реагує з водою (наприклад, негашене вапно, цемент, гіпс тощо), то від моменту упорскування до повного випаровування така реакція відбуватиметься. З цього випливають два правила:

1. Не можна вводити воду у вигляді крапель або туману в аерозольний потік за наявності в ньому частинок, що мають виражені гідрофільні властивості, здатні при взаємодії з водою змінити свій хімічний склад або утворювати бетоноподібні та гіпсоподібні відкладення. Вводити в таку аерозоль вологу можна тільки у вигляді пари без конденсату.

2. За дотримання правила за п. 1 пар краще вводити там, де вміст пилу вже значно знижений за рахунок первинного грубого очищення. Наприклад, якщо в схемі передбачений циклон, а після нього електрофільтр, пар слід вводити після циклону (забезпечивши при цьому хороше перемішування з газовим потоком).

У ході експериментів з кондиціонування парою пічних газів у виробництві магнезиту [1] встановлено, що при об'ємній витраті пари до 1 % від об'єму газів, що очищаються, ступінь очищення підвищилася на 10 % (абс.). Збільшення витрати пари, мабуть, дало б додаткове підвищення ступеня очищення. Однак тут набувають чинності економічні фактори.

**Виробництво пари вимагає спеціального обладнання, витрат палива та кваліфікованого обслуговуючого персоналу.** При об'ємі газу, що очищається, від  $10^6$  м<sup>3</sup>/год і більше, виникає необхідність спорудження спеціальної котельні тільки для газоочищення. В ряді випадків альтернативним рішенням можливо збільшення часу перебування газу в активній зоні електрофільтра – за рахунок зниження швидкості або збільшення числа полів. Остаточне рішення може бути прийняте на підставі техніко-економічного аналізу та з урахуванням всієї специфіки даної газоочисної споруди.



### 3.4 Інтенсифікація процесу очищення газів

**Режимна інтенсифікація** – це коли робота газоочисного апарату доводиться до можливо більш напружених режимів, виходячи з властивостей газу, що очищається, і уловлюваного продукту [1-3].

Наприклад, в трубі Вентурі режимна інтенсифікація може бути досягнута збільшенням або швидкості газу в горловині, або питомої витрати зрошуючої рідини.

Для циклонів режимна інтенсифікація може бути досягнута шляхом збільшення швидкості руху газу. Проте енерговитрати  $\sim v^2$ , а міра очищення піднімається значно повільніше. Не можна також перевищувати верхню межу швидкості задля уникнення вторинного виносу пилу.

В тканинних фільтрах режимна інтенсифікація відбувається за рахунок збільшення швидкості фільтрації до меж "просакування" часток через тканину.

Проте перераховані методи повинні бути економічно обґрунтовані. Інакше вони ведуть до небажаних енерговитрат.

**Конструктивно-технологічна інтенсифікація.** Конструктивно-технологічна інтенсифікація, коли в конструкцію газоочисного апарату вносять удосконалення, які сприяють інтенсифікації процесів, що відбуваються в ньому.

Наприклад, в електрофільтрах – заміна коронуючих електродів (замість гладких дротяних голчасті або пилкоподібні); у тканинних фільтрах: нові методи регенерації (імпульсна, струминна), нові фільтрувальні тканини, попередня електризація пилу; у "мокрих" апаратах – пристрій для розпилу рідини (покращує контакт "газ-рідина"), введення стабілізаторів.

**Спеціальні способи інтенсифікації.** До спеціальних способів інтенсифікації відносяться:

- використання ефекту конденсації, коли гарячі гази перед "мокрим" очищенням насичуються водяною парою;
- попередня електрична зарядка уловлюваних часток і крапель зрошуючої рідини;
- введення поверхнево-активних речовин, що покращують змочуваність гідрофобних часток;
- підтримка ПЕО пилу в межах  $10^5$ - $10^{10}$  Ом·см шляхом збереження температурного режиму (100–200 °С).

### 3.5 Поєднання технологічних функцій

При проектуванні газоочисних споруд необхідно враховувати, що багато газоочисних апаратів здатні одночасно виконувати не одну, а кілька технологічних функцій. Приклади суміщення функцій наведені нижче.

**Циклон, що вловлює пил (бризки) і одночасно є високоефективним змішувачем.** Якщо у схемі передбачений циклон і потрібно якісне змішування газово-аерозольних потоків, це слід робити в циклоні, не вдаючись до встановлення спеціальних змішувачів.

**Димосос-вентилятор** створює тягу (напір) в мережі, одночасно відкидаючи за рахунок відцентрової сили аерозольні частинки до периферії ротора.

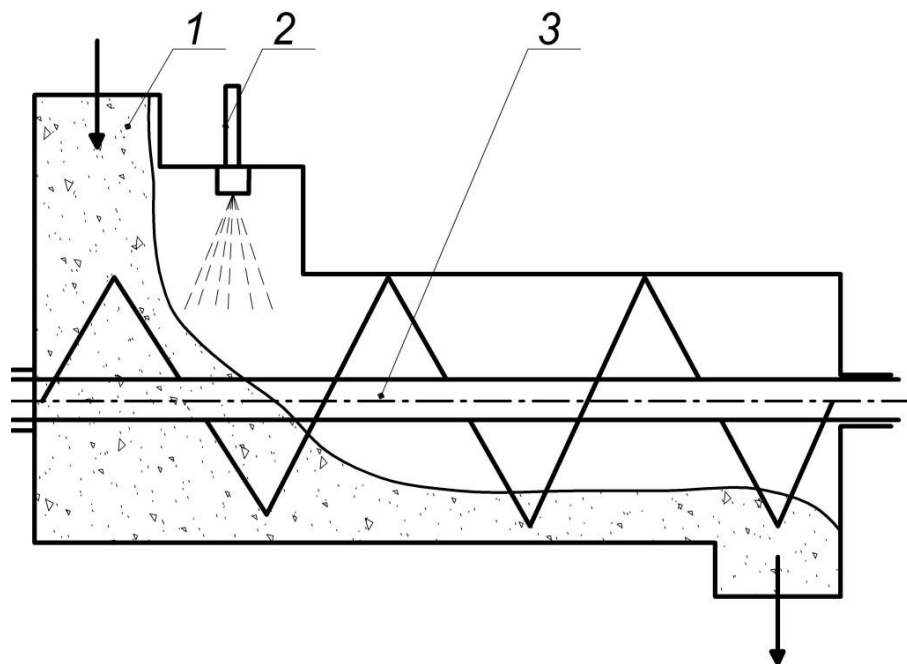
**Струменевий газопромивач** (ежекторний скруббер) здійснює мокре очищення газів; одночасно, завдяки введенню рідини під великим тиском (порядку 100 кПа) створює в перерізі труби як би рідинний «поршень», що інтенсивно проштовхує газ. Отже, розрахований струменевий промивач може в деяких випадках виключити необхідність установки мережі ТДМ, взявши на себе її функції.

**Батарейний циклон-теплообмінник**, як і звичайний циклон, може виконувати одночасно функції пиловловлення та змішування. Разом з тим завдяки наявності у батарейному циклоні значних теплопровідних поверхонь, що стикаються з гарячими газами, виникла ідея додати йому третю функцію – теплообмін.

**Скрубер повного випаровування** охолоджує та зволожує газ. Скрубер будь-якого типу поєднує кілька функцій: уловлювання аерозольних частинок, абсорбцію парів та газів, охолодження газу, зволоження газу при частковому випаровуванні рідини.

**Шнек (гвинтовий конвеєр)** у системі видалення вловленого пилу використовується як пристрій, який переміщає продукт, але при цьому відбувається його інтенсивне перемішування. Це можна використовувати для усереднення складу (гранулометричного, хімічного) пилу, уловленого від різних джерел. Крім того, шнек, у верхній частині якого встановлені зрошувачі, використовується для змочування пилу з метою виключення вторинного переходу в аерозольний стан (рис. 3.8).

**Газорозподільний колектор.** У деяких виробництвах, зокрема на аглофабриках чорної металургії, у зв'язку з великим об'ємом газу, що спрямовується на очищення, розведення газу газоочисними апаратами проводиться за допомогою колекторів дуже значних розмірів (з площею поперечного перерізу 40-50 м<sup>2</sup> і більше). Уникнути осадження пилу в таких колекторах неможливо, тим більше що швидкість газу в них зазвичай невелика і нестабільна в часі. Колектори такого роду розглядають як пилоосаджувальні камери для грубої очистки, забезпечують їх бункерами та засобами для видалення пилу. Інакше кажучи, тут поєднуються функції розведення газу по апаратах та грубого первинного його очищення.



1 – пил; 2 – форсунка тонкого розпилу; 3 – вал шнека  
Рисунок 3.8 – Шнек-змочувач

**Пилові затвори** встановлюються під бункерами пиловловлюючих апаратів. У деяких випадках їх функція полягає тільки в тому, щоб забезпечувати вивантаження пилу, не допускаючи зустрічного підсмоктування повітря. Однак, якщо пил вивантажується в систему пилотранспорту, що має певну максимальну продуктивність, затвор повинен дозувати вивантаження в кількості, що не перевищує продуктивність першого транспортного пристрою (шнека, магістралі пневмотранспорту або ін.). Таким чином, поєднуються функції затвора та дозатора.

При проектуванні необхідно уявляти весь комплекс функцій, який виконує кожний апарат, пристрій або **вузол** **проектованої установки.** Розрахунок і вибір устаткування слід проводити, орієнтуючись на головну технологічну функцію, але з урахуванням інших функцій.

## **Тема 10. ПРОЄКТУВАННЯ ГАЗОПРОВІДІВ ТА АРМАТУРИ. ВИДАЛЕННЯ ТА ПЕРВИННА ОБРОБКА ВЛОВЛЕНОГО ПРОДУКТУ**

### **4.1 Пилогазопроводи**

Пилогазопроводи газоочисних споруд служать для підведення газу до початку тракту газоочистки, з'єднання послідовно розташованих газоочисних апаратів та відведення очищеного газу до кінця тракту.

За домовленістю між виконавцями проєкту газоочищення, замовником та генпроектувальником визначаються місця стику пилогазопроводів газоочисних споруд з пилогазопроводами основного виробництва. Конструкція ділянок, що стикуються, повинна бути ідентичною.

Пилогазопроводи особливо великих розмірів є важкими металоконструкціями. Їх проєктування доцільно передавати на субпідрядних засадах спеціалізованій організації.

Особливим видом пилогазопроводів є підземні або наземні ліжаки – канали або тунелі перетином 1,0-12 м<sup>2</sup>. Стіни, днища та перекриття ліжаків виконуються зазвичай з цегли або залізобетону; при використанні збірних залізобетонних плит необхідна ретельна герметизація стиків між ними. Проєктуючи збірні залізобетонні плити, слід враховувати відстань від найближчого заводу-виробника плит до місця будівництва.

Конструкція пилогазопроводу визначається конкретними умовами його експлуатації.

У максимальному варіанті конструкція може включати такі деталі:

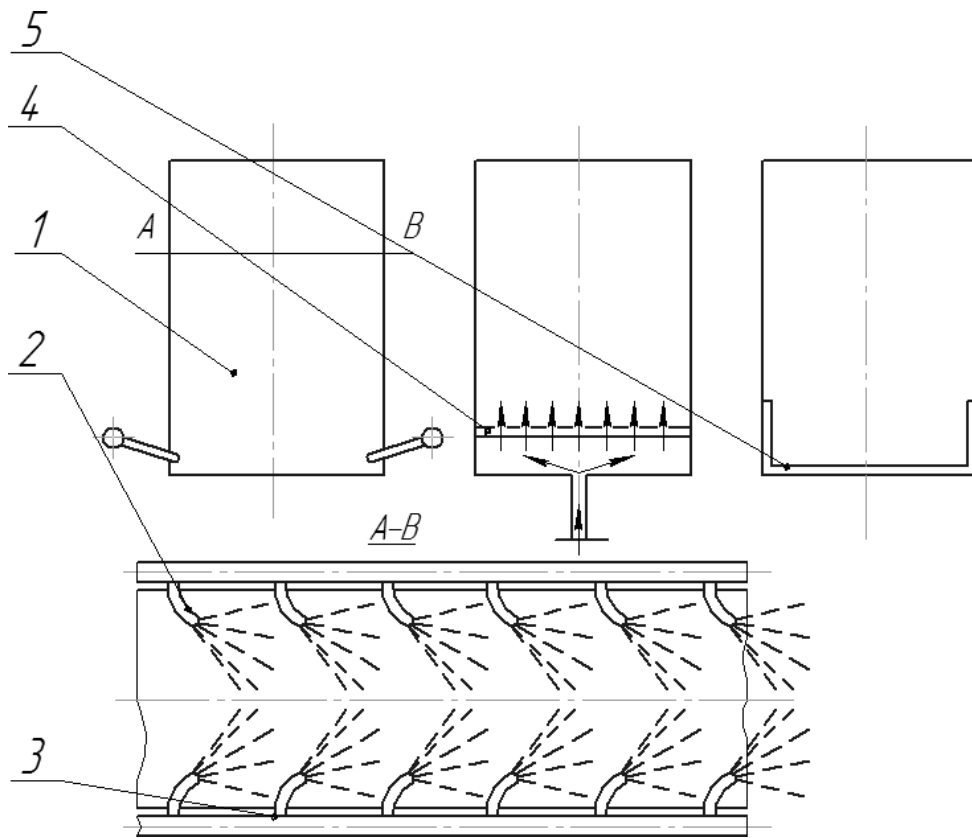
**Стовбур**, виготовлений з цільнотягнутих або кручених труб або з обічків, зігнутих з листового металу. Стовбури прямокутного перерізу (коробчасті) виготовляються із плоских металевих листів із посиленням ребрами із зовнішнього боку. Крім прямих ділянок до ствола відносяться різні переходи, коліна, трійники, колекторні розгалуження.

Газо- та пилерозподільні пристрої на поворотах, коротких переходах та в колекторах.

**Спеціальні пристрої для запобігання утворенню пилових відкладень або накопичення конденсату.** Приклади таких пристроїв показані на рис. 4.1-4.4.

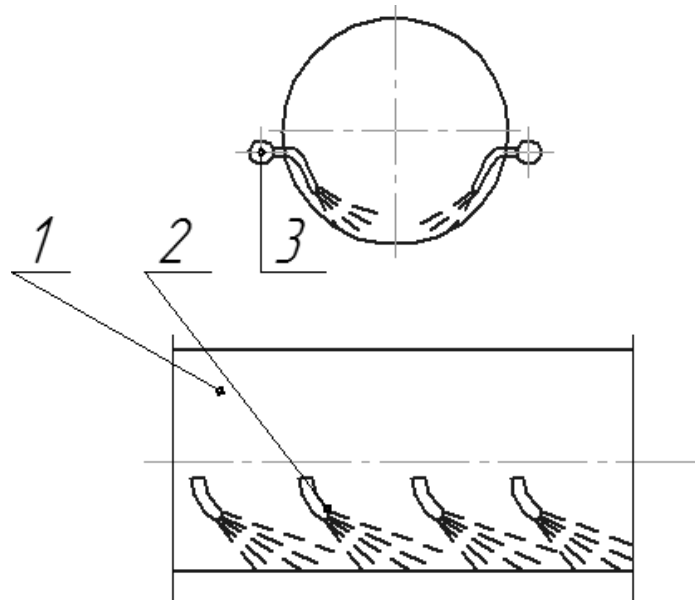
**Компенсатори та запірно-регулюючі пристрої.** Типаж цих елементів дуже великий. Частина показана на рис. 4.5-4.8.

**Розтискні фланцеві з'єднання для встановлення заглушок безпеки** (рис. 4.9).



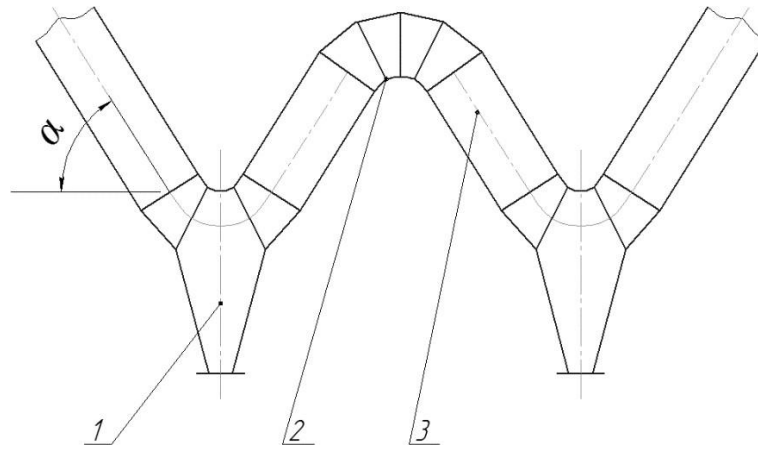
1 – стовбур пилогазопроводу; 2 – повітряні сопла; 3 – повітряний колектор; 4 – пориста перегородка для обладнання «повітряного мастила»; 5 – тонколистова пластмаса на клеї

Рисунок 4.1 – Варіанти пристроїв для боротьби з відкладенням пилу у прямокутному газопроводі



1 – стовбур пилогазопроводу; 2 – повітряне сопло; 3 – колектор стисненого повітря

Рисунок 4.2 – Обдування стисненим повітрям круглого пилогазопроводу



1 – пилозбірний бункер; 2 – коліно; 3 – пряма ділянка  
 Рисунок 4.3 – Зигзагоподібне прокладання пилогазопроводу

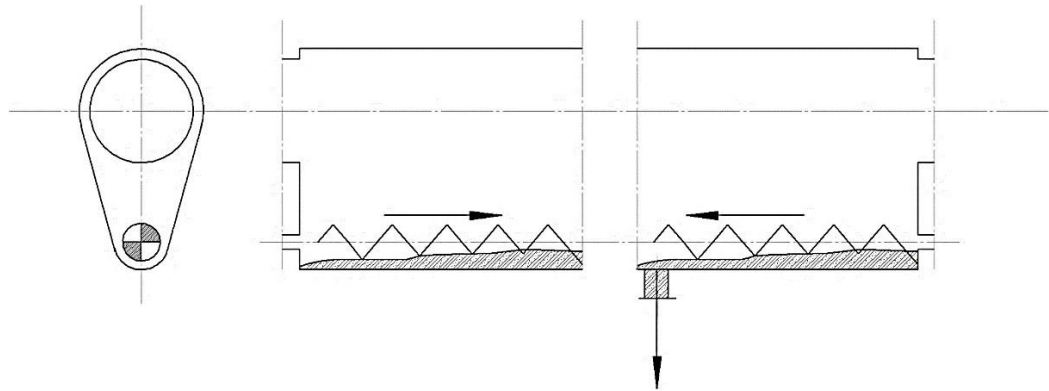
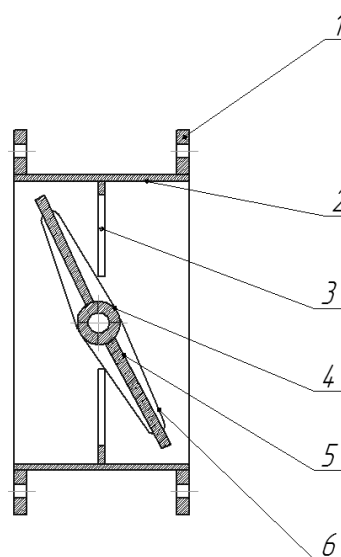


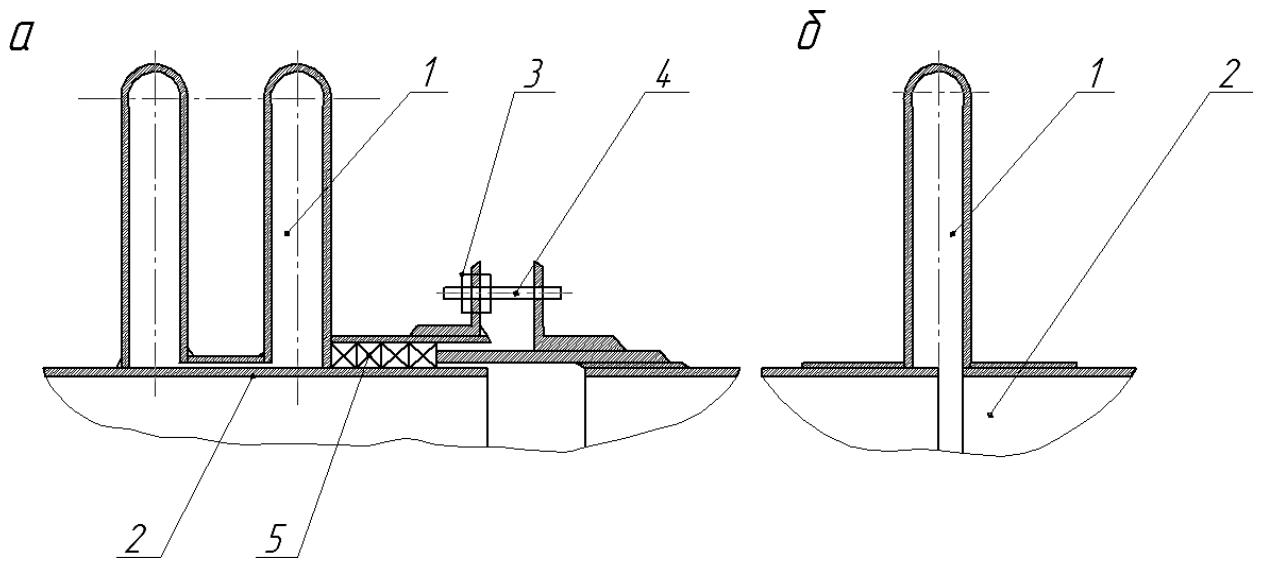
Рисунок 4.4 – Грушоподібний пилогазопровід з пилозбірним шнеком у нижній частині



1 – фланець; 2 – обичайка; 3 – упорне півкільце; 4 – вал; 5 – лопата; 6 –

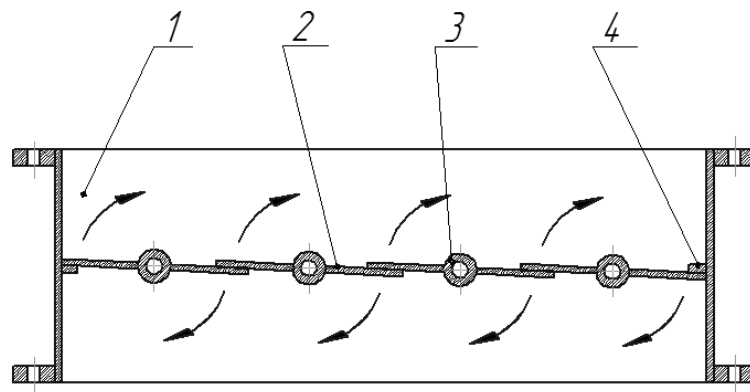
ребро жорсткості

Рисунок 4.5 – Однолопатевий дросельний клапан



1 – лінза; 2 – основний стовбур пилогазопроводу; 3 – гайка; 4 – стяжний болт; 5 – ущільнення

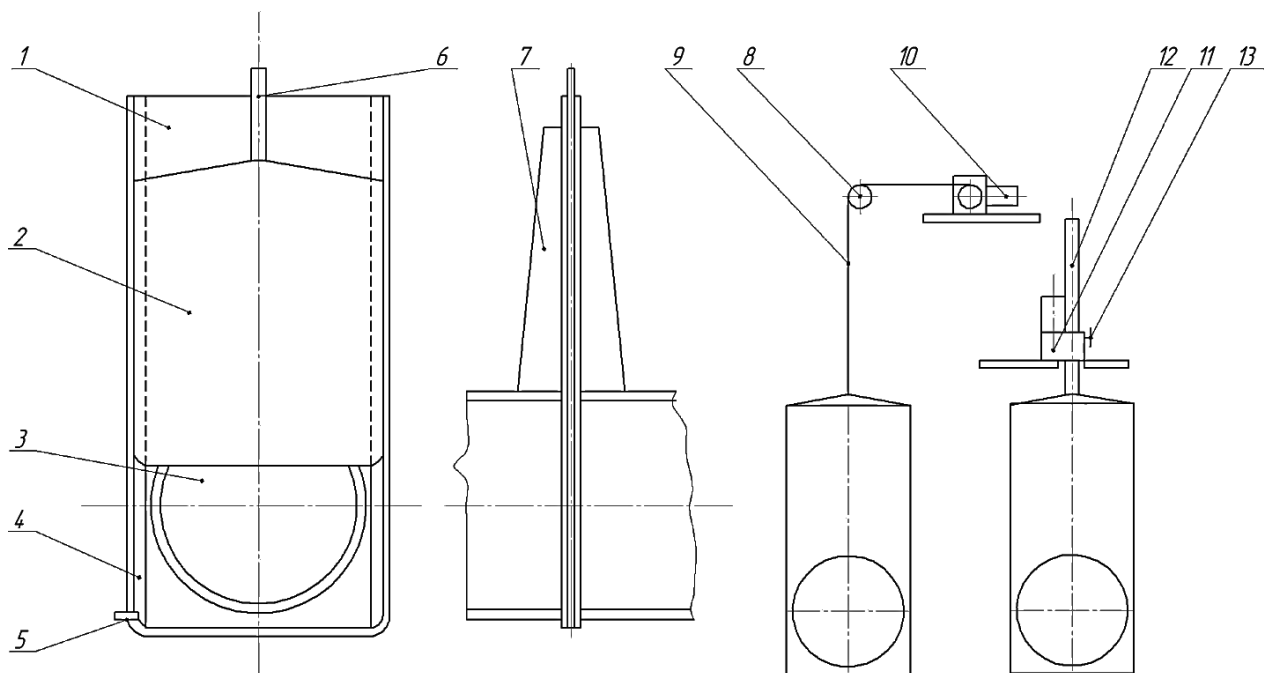
Рисунок 4.6 – Компенсатори – дволінзовий з ущільненням (а) та однолінзовий без ущільнення (б)



1 – корпус клапана; 2 – лопата; 3 – вал; 4 – опорна планка

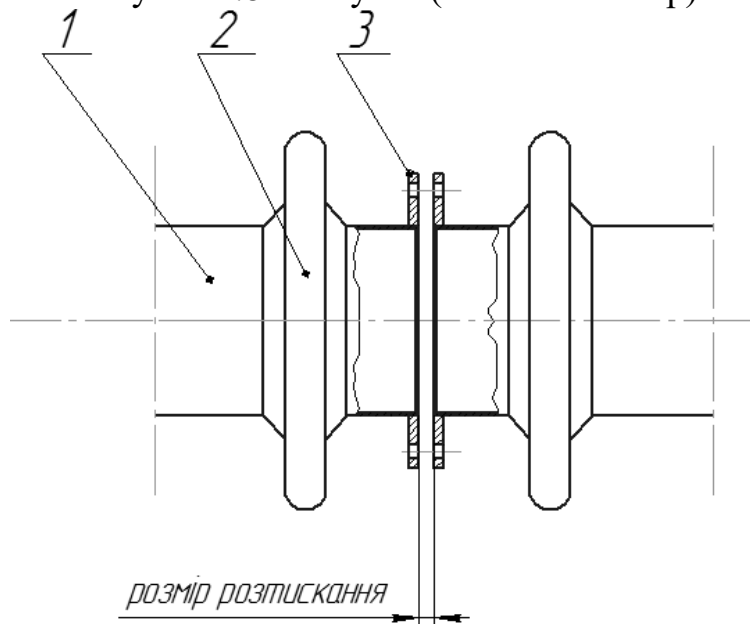
Рисунок 4.7 – Багатолопатевий дросельний клапан для прямокутних пилогазопроводів





1 – рама; 2 – рухливий відсікаючий елемент; 3 – круглий пилогазопровід;  
 4 – напрямні; 5 – патрубок для продування стисненим повітрям; 6 – тяга (шток); 7 – ребро жорсткості; 8 – блок (для засувок з лебідковим приводом); 9 – трос; 10 – лебідка; 11 – мотор-редуктор (для засувок із прямим механічним приводом); 12 – шток з гвинтовою нарізкою; 13 – маховик ручного керування

Рисунок 4.8 – Засувка (плоский шибер)



1 – основний стовбур пилогазопроводу; 2 – лінза компенсатора; 3 – фланець

Рисунок 4.9 – Розтискне фланцеве з'єднання для встановлення заглушки безпеки

Так звані сідла, на які вкладається стіл у місцях опірання. Принцип влаштування сідла видно з рис. 4.10.

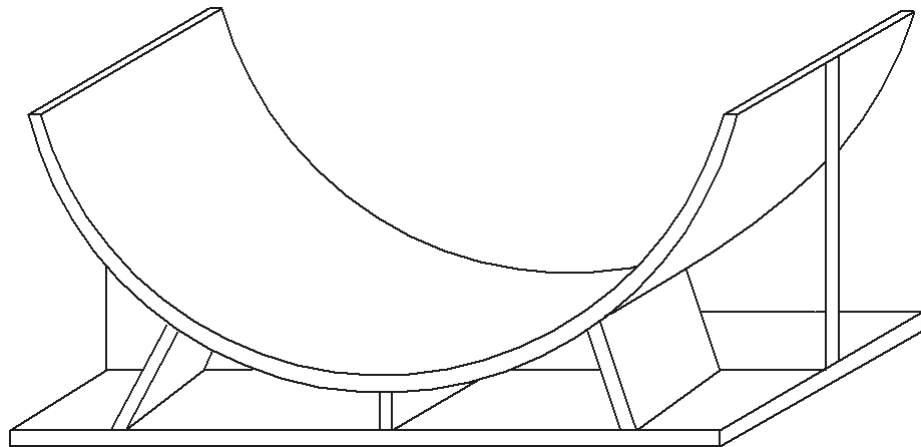


Рисунок 4.10 – Варіант «сідла», на яке укладається ствол круглого пилогазопроводу

**Опори** – вертикальні конструкції з металу або залізобетону, що нижнім кінцем спираються через фундамент на ґрунт, верхнім – підтримують сідло. Залежно від умов прокладання пилогазопроводу замість опор можуть застосовуватися підвіски.

**Теплоізоляція.** Її призначення – захист обслуговуючого персоналу від опіків та збереження теплоти газів. Останнє є особливо важливим, якщо є небезпека конденсації парів у пилогазопроводі.

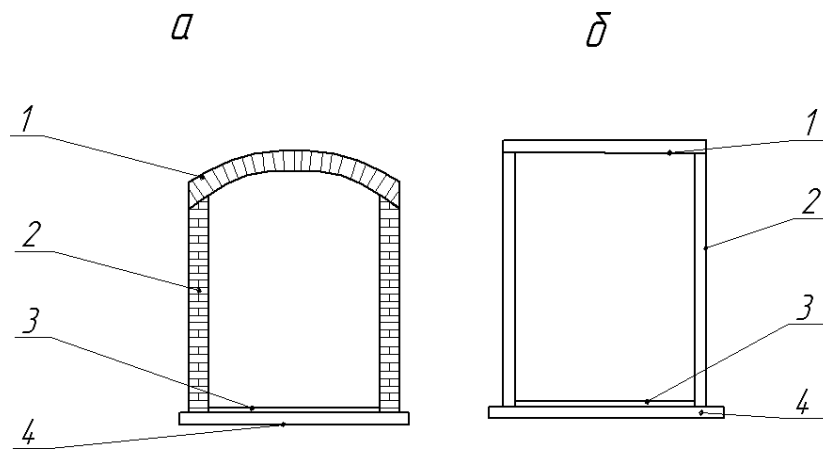
**Внутрішнє протикорозійне покриття.**

**Внутрішнє футерування.** Її призначення – захист металу від перегріву, а деяких випадках – і захист протикорозійного покриття від механічних ушкоджень.

**Люки, патрубки та штуцери для встановлення контрольно-вимірювальних приладів та приєднання імпульсних трубок.**

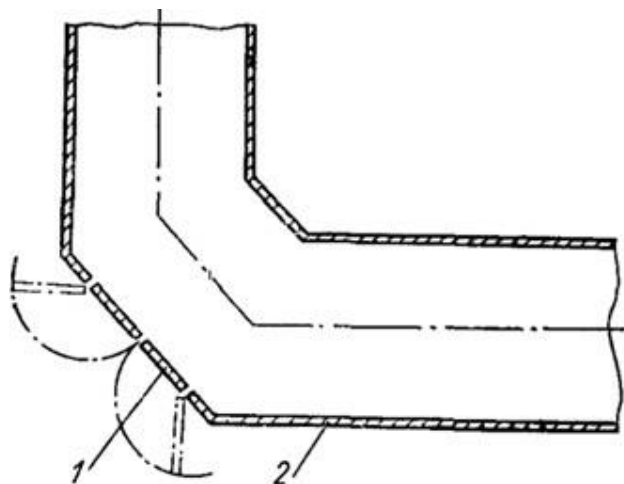
При проектуванні підземних лежаків необхідно мати на увазі труднощі, пов'язані з їх очищенням від осілого пилу, особливо якщо пил гідрофільний. Незалежно від можливості продування, розмір лежаків (російською – «боровов») повинен бути достатній для роботи в них людей. Найбільш характерні форми перерізу лежаків показані на рис. 4.11.

Лежакі, прокладені безпосередньо на поверхні землі, застосовуються рідко, оскільки вони захаращують проммайданчик. Проте вони мають одну перевагу. Якщо переріз лежака досить великий, то можна у зручному місці, наприклад, на повороті (рис. 4.12) передбачити ворота для в'їзду всередину малогабаритного бульдозера або іншого механізму, пристосованого для збирання пилу.



1 – склепіння (а) або верхня стельова плита (б); 2 – стінка (а) або бічна (стінна) плита (б); 3 – покриття підлоги; 4 – залізобетонна плита-основа

Рисунок 4.11 – Характерні форми перерізу підземних лежаків – цегляного (а) та залізобетонного (б)



1 – ворота; 2 – бічна стіна (залізобетон)

Рисунок 4.12 – Наземний димовий лежак

Розрахунок пилогазопровідних систем на міцність проводиться за методом граничних станів та з урахуванням конкретних умов експлуатації.

«Завал» пилогазопроводів пилом є у практиці експлуатації газоочисних споруд поширеним і нерідко небезпечним явищем. Небезпека значно зростає, якщо скупчення пилу супроводжується конденсацією парів. На Ачинському глиноземному комбінаті пилогазопровід діаметром близько 2 м через порушення технологічного регламенту одного разу був заповнений майже на 50 % сильно зволоженою масою матеріалу із щільністю набагато вищою за розрахункову. В результаті він обвалився.

Таким чином, при аналізі завдання на проектування необхідно ретельно з'ясувати можливість подібних ситуацій та передбачати у проєкті відповідні заходи.

## 4.2 Попередження заповнення пилогазопроводів пилом

У практиці газоочищення утворення пилових відкладень у пилогазопроводах можливе, якщо транспортується аерозоль високої концентрації з дисперсною фазою середньої та грубої дисперсності, причому час релаксації певної частки частинок перевищує час існування окремих турбулентних пульсацій. Інакше висловлюючись, швидкість потоку недостатня запобігання осідання найбільш грубих частинок. Найбільша ймовірність цього має місце на початку тракту, де концентрація аерозоліу максимальна і великі частки присутні в потоці.

Відкладення утворюються також, якщо пилогазопровід працює в умовах різко змінного швидкісного режиму.

Наприклад, якщо до одного пилогазопроводу підключено кілька джерел і частина з них буде зупинена, швидкість потоку відповідно впаде. При роботі пилогазопроводу на одне джерело в момент зупинки останнього швидкість падає до нуля, і пил, який знаходився в момент зупинки в зваженому стані, осідає, як у пилоосаджувальній камері.

Способи боротьби з відкладенням пилу в пилогазопроводах вибираються при проєктуванні. Нижче перераховуються ці методи.

**1. Швидкість потоку повинна виключити або мінімізувати можливість осідання пилу.** Залежно від концентрації, дисперсності та щільності частинок вона вибирається в межах 15-25 м/с.

**2. На ділянках транспортування неочищеного газу по можливості слід уникати довгих горизонтальних пилогазопроводів.** Часто застосовується **транспортування неочищеного газу газопроводами ламаного профілю з кутами нахилу а трохи більше кута природного укусу пилу.** В нижніх точках перегину можна вбудувати невеликі бункери, обов'язково із системою безперервного видалення пилу.

**3. Відомо, що адгезія пилу до пластмас менша, ніж до металів.** Тому в окремих випадках можна **обклеювати донну частину пилогазопроводу пластмасовими листами** (фторопласт, поліпропілен та ін.). Цей спосіб поки що використовується рідко. Роботи з обклеювання технічно складні, а багато пластмас є дефіцитними і строго фондованими.

**4. Особливості обладнання «повітряного мастила».** Для цього в пилогазопроводі створюється хибне дно з пористої кераміки, під яке подається осушене стиснене повітря. Витрата повітря становить 0,8-1,2 м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> при тиску 2-4 кПа. (Остаточно ця величина визначається при пусконаладжувальних роботах). Конструкції такого роду значно збільшують вартість пилогазопровід, а керамічне хибне дно вимагає систематичної перевірки в ході експлуатації, оскільки поява в ньому щілин та тріщин порушить розрахунковий режим «мастила». Тому застосовувати їх слід на невеликих ділянках (15-20 м) і тільки в пилогазопроводах порівняно невеликих перерізів (орієнтовно до 1 м<sup>2</sup>).

5. Може бути використане обдування пилогазопроводу в його нижній частині концентрованими струменями повітря з простих щілинних сопел. Відстань між соплами, витрата повітря і напрямок струменів підбираються так, щоб по можливості перекривалася вся поверхня, де можливе відкладення пилу. Сопла слід конструювати і розташовувати так, щоб вони давали плоске повітряне «віяло» на поверхні, що обдувається.

Способи, описані у пп. 3, 4 та 5, проілюстровані на рис. 4.1. Правда, там вони дані стосовно плоского коробчатого пилогазопроводу, але аналогічним чином їх можна застосовувати і для пилогазопроводів круглого перерізу. Нормативних методів конструктивно-технологічних розрахунків, що з їх застосуванням, немає; конструктивні рішення містять елемент творчого пошуку, а технологічні режими підлягають уточненню при налагодженні та поточній експлуатації.

У деяких галузях виробництва знаходять застосування пилогазопроводи грушоподібної форми (рис. 4.4) зі шнеком, який під час роботи пилогазопроводу також безперервно працює, згрібаючи пил, що осаджується. Довжина такого пилогазопроводу конструктивно лімітується довжиною шнека. Продуктивність шнека приймається на основі досвіду та орієнтовних розрахунків кількості видаленого пилу із запасом у 20-25 %.

**З технологічних заходів**, які знаходять застосування практично, слід зазначити наступний прийом. Якщо в кінці тракту газоочищення, до якого підключено кілька джерел викидів, встановлено загальну ТДМ (або на тракті встановлено дві ТДМ послідовно), то при відключенні частини джерел продуктивність ТДМ не знижується, а на тракті відкриваються резервні клапани для підсмоктування повітря. При цьому швидкість потоку залишається незмінною, тобто не виникають додаткові умови для осадження пилу. Крім того, концентрація пилу в газі падає. Цей спосіб технологічно ефективний, але вкрай неекономічний.

**У технічно та економічно обґрунтованих випадках** слід передбачати у проекті два паралельні пилогазопроводи однакового призначення: робочий та резервний. Це пов'язано лише з додатковими капітальними витратами, але дає істотну економію за рахунок того, що зупинка пилогазопроводу для очищення від пилу не викликає жодних збоїв у роботі газоочисної споруди. Такі рішення перевірені практично і дали цілком позитивний результат.

Питання осадження пилу в пилогазопроводах певною мірою пов'язані з питанням їх трасування. Трасування не викликає труднощів при новому будівництві, але на старих підприємствах, що діють, нерідко перетворюється на проблему. Основні проблеми виникають, якщо для газоочисних споруд виділяється майданчик на значній (100-150 м і далі) відстані від джерела викидів. У цьому випадку весь довгий пилогазопровід служить для транспортування, аерозолу з його вихідною, часто дуже високою концентрацією. Усунути пов'язані з цим проблеми можна, встановивши безпосередньо біля джерела апарати первинної (грубою) очистки, наприклад циклони. Наступні ступені очищення, наприклад, великогабаритні електричні або рукавні фільтри, можуть бути віднесені на віддалений майданчик.

Оскільки грубий пил буде вловлений на самому початку тракту, робота пилогазопроводу значно полегшиться.

Проектне трасування пилогазопроводів у складних умовах діючого підприємства необхідно ретельно опрацьовувати спільно з генпроектувальником та замовником, маючи на увазі наступні обставини:

- якщо проммайданчик має насичене підземне господарство, на передбачуваній трасі може не опинитися місця для розміщення фундаментів під опори (тим більше для прокладання підземних кнурів). У цій ситуації не виключено перенесення частини підземних комунікацій. Вирішити питання про перенесення та видати проектне рішення на перенесення може лише генпроектувальник;

- якщо ділянка пилогазопроводу перетинає діючий цех, щільно насичений обладнанням, доцільно передати проектування цієї ділянки генпроектувальнику, який знає всі особливості даного цеху і має право на його часткове перепланування.

- для проектування опори пилогазопроводу на несучі конструкції покрівлі будівлі або його міжповерхові перекриття необхідно отримати від генпроектувальника офіційні матеріали із зазначенням місць спирання та навантажень, що допускаються.

Слід уникати надмірної висоти пилогазопроводів над поверхнею землі.

### 4.3 Арматура

На пилогазопроводах розташовуються різні запірно-регулюючі пристрої. Найбільш поширені плоскі засувки та дросельні клапани [1-3].

**Конструкція плоских засувок (шиберів) може бути різною.** Вона залежить від умов застосування: форми перерізу пилогазопроводу (круглий, прямокутний), властивостей і характеристик середовища, перепаду тисків при закритому положенні, технологічних вимог (швидкість, ступінь ущільнення та ін.). Завжди бажано застосовувати засувки, що випускаються серійно промисловістю. Однак у деяких випадках доводиться конструювати засувки, для конкретного проекту як нестандартизоване обладнання.

При конструюванні слід приділяти основну увагу наступним питанням:

**Лопата засувки** не повинна піддаватися жолобленню, небезпека якого особливо велика при високій температурі середовища. Лопата може бути зроблена зі сталевого листа, але якщо є небезпека втрати ним строго плоскої форми, слід виготовляти лопату з чавунного лиття.

**Засувка повинна** бути забезпечена як мінімум ручним гвинтовим приводом або електроприводом через редуктор. Для особливо великих засувок зазвичай використовується підйомний лебідковий механізм.

Часта причина поганої роботи засувок – неточності в виготовленні рами та лопаті. У кресленнях необхідно вказувати допуски, звертаючи

особливу увагу забезпечення мінімального зазору між лопаттю і направляючими.

Зазори, забезпечуючи вільне переміщення лопаті, у той самий час виключають щільне перекриття пилогазопроводу. Крім того, у нижній частині коробка засувки можливе скупчення пилу, через що лопаті при закритті може не дійти до нижнього упору на кілька міліметрів. З цих причин плоска засувка, виготовлена як нестандартизоване обладнання, не може розглядатись як герметичний затвор.

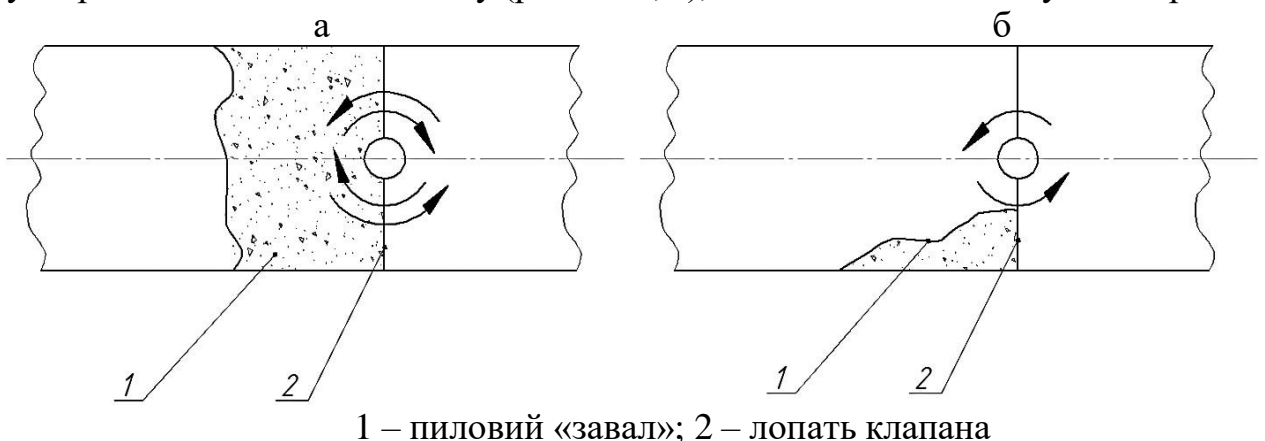
Повертаючись до питання про застосування серійних засувок, можна рекомендувати поділ пилогазопроводу великого перерізу, що перевищує максимальний розмір серійної засувки на два паралельні пилогазопроводи меншого перерізу. Поділ є місцевим. Після ділянки, призначеної для установки засувок, пилогазопроводи знову з'єднуються.

Дросельні клапани застосовуються значно частіше, ніж плоскі засувки: вони простіші у виготовленні і надійніші в роботі. Існують дві групи клапанів: однолопатеві та багатолопатеві. Перші застосовуються в основному для круглих пилогазопроводів, другі – для прямокутних.

Для приведення дросельних клапанів у дію застосовуються ручні та електричні механізми.

При проектуванні пилогазопроводів з дросельними клапанами слід враховувати такі обставини:

На ділянках пилогазопроводів, розташованих горизонтально або з невеликим нахилом до горизонту, не можна розташовувати вісь клапана вертикально (у загальному розумінні, перпендикулярно до донної частини пилогазопроводу). У цьому випадку, якщо з одного або іншого боку клапана утворюється відкладення пилу (рис. 4.13, а), клапан неможливо буде відкрити.



1 – пиловий «завал»; 2 – лопать клапана

Рисунок 4.13 – Установка дросельного клапана з вертикальним (а) та горизонтальним (б) валом

При горизонтальному розміщенні осі клапана необхідно передбачити, щоб при відкритті його нижня лопать переміщалася у бік, протилежний до тієї, де можливе відкладення пилу (рис. 4.13, б).

По периметру закритого клапана завжди залишається непереборний зазор, як мінімум, в 1-3 мм. Тому дросельний клапан не є запірним

**пристроєм, який буде ще герметизувати.** Обмазка дросельного клапана по периметру глиною, цементом або іншими в'язкими, що нерідко застосовується заводськими працівниками, не змінює сутності справи, оскільки стан обмазування неможливо надійно перевірити.

#### 4.4 Компенсація температурних розширень

Існує два шляхи компенсації температурних розширень: за рахунок самокомпенсації або за допомогою спеціальних компенсаторів. Відомі два типи компенсаторів: дволінзовий з ущільненням та однолінзовий без ущільнення. Тип компенсаторів, що застосовуються у різних галузях виробництва, дуже великий.

Компенсатори бувають: лінзові та сальникові; число лінз в одному компенсаторі – від однієї до трьох; у площині, перпендикулярній до осі пилогазопроводу, лінзи можуть мати форму прямокутну, шестигранну або круглу; у поперечному розрізі – прямокутну або із заокругленими краями. Ущільнення компенсаторів необхідне в тих випадках, коли небажано попадання всередину компенсатора середовища, що знаходиться в газопроводі. Але в деяких конструкціях врахована можливість накопичення всередині лінз рідкого конденсату, у зв'язку з чим компенсатор має зливний патрубок.

Компенсуюча здатність компенсатора повинна відповідати температурному подовженню пилогазопроводу на даній ділянці.

**Компенсуюча здатність збільшується за рахунок попередньої розтяжки компенсатора.** При проектуванні треба мати на увазі, що компенсатор будь-якого типу порушує суцільність стовбура пилогазопроводу. В результаті стовбур послаблюється. Тому на важких пилогазопроводах компенсатори повинні розміщуватися між двома опорами, на легких (без футерування) поряд з однією з них. Число компенсаторів має бути мінімально необхідним, тим більше на пилогазопроводах, що мають внутрішнє захисне покриття або футерування.

У місцях розміщення компенсаторів забезпечити захист (футерування) стовбура завжди викликає значні труднощі. Зовнішня теплоізоляція в місцях встановлення компенсаторів теж переривається, що небажано, оскільки це сприяє конденсації пари всередині лінз.

Зменшити кількість компенсаторів можна такими шляхами:

- застосовувати опори, що допускають подовженне ковзання стовбура пилогазопроводу;
- застосовувати маятникові (хитливі) опори, що сприймають температурні деформації стовбура за рахунок власної гнучкості;
- надавати пилогазопроводу форму, що забезпечує його самокомпенсацію.



#### 4.5 Видалення та первинна обробка вловленого продукту

Продукт, уловлений в газоочисних апаратах, може бути в трьох станах:

- **рідина** – якщо під час очищення відбувалася лише абсорбція компонентів газової фази викиду чи якщо вловлювався туман (дисперсна фаза рідкого аерозолю);

- **шлам** – якщо в мокрому апараті відбувалося вловлювання пилу (дисперсної фази твердого аерозолю);

- **у вигляді сухого сипучого матеріалу** – якщо відбувалося вловлювання пилу в сухому апараті.

Рідину або використовує підприємство на власний розсуд або підприємство її спрямовує до загальнозаводської системи очищення стоків, або проходить локальне очищення в межах газоочисної споруди і знову подається на зрошення апарату (замкнутий цикл зрошення).

Шлам транспортується на шламове поле, де висихає і потім може бути використаний, або пропускається через систему відстійників і фільтрів. Після фільтрації рідина повертається на зрошення, а відфільтрована маса (як так званих кеків) утилізується. В обох випадках проектування видалення та обробки вловленого продукту не викликає особливих труднощів. Більш складний третій випадок, оскільки сипкі продукти мають властивості, які сильно розрізняються і до того ж специфічними.

#### 4.6 Пилетранспорт

У практиці проектування газоочисних споруд системи видалення та первинної обробки вловленого сипкого продукту прийнято називати коротким терміном – «**пилотранспорт**». Для грамотного проектування пилотранспорту необхідно засвоїти нижченаведене.

Відношення істинної густини частинок до насипної щільності називається **коефіцієнтом розпушення**. Він завжди більше одиниці і може сягати 4-5.

Коефіцієнт розпушення збільшується в міру подрібнення матеріалу. При подрібненні, наприклад, середнекусового матеріалу до порошкоподібного стану може зрости в півтора рази і більше.

Відношення маси ущільненого сипкого матеріалу до його маси при вільному засипанні називається **коефіцієнтом ущільнення**. Він лежить у середньому в межах від 1,1 до 1,6.

За певних умов **сипкий матеріал може бути в аерованому стані**. Він характеризується тим, що простір між частинками заповнено надмірною кількістю газу, через що частинки або не стикаються, або дуже слабо стикаються одна з одною. Аерований матеріал дуже рухливий, при

відповідному ступені аерації набуває властивостей рідини. Тому **інтенсивне аерування** має синонім – **псевдозрідження**.

За насипною щільністю порошкоподібні матеріали прийнято поділяти на чотири групи:

- легкі до  $600 \text{ кг/м}^3$ ;
- середні  $600\text{-}1100 \text{ кг/м}^3$ ;
- важкі  $1110\text{-}2000 \text{ кг/м}^3$ ;
- дуже важкі понад  $2000 \text{ кг/м}^3$ .

Сипучі матеріали, висушені до постійної маси при температурі  $105^\circ \text{C}$ , називають **сухими**. Сухі матеріали мають найкращі якості для транспортування. Недосушені матеріали створюють небезпеку зависання та налипання в системі пилетранспорту, пересушені підвищують можливість вторинного утворення аерозолів.

**Волога, що міститься у матеріалі, ділиться на три види: конституційну**, хімічно пов'язану з частинками; **гігроскопічну**, поглинуту частинками з навколишнього середовища; **зовнішню**, що заповнює пори між частинками. Для пилетранспорту найбільш небезпечна гігроскопічна волога, оскільки вона може перетворити нормальний сухий матеріал на недосушений з наслідками, що з цього випливають.

Кут природного укосу пилу в стані спокою (статичний кут) завжди більший, ніж у стані руху (динамічний кут).

Деякі сипкі матеріали в промисловості піддаються штучній пластифікації – частки покривають найтоншою плівкою, що різко знижує їх адгезію і аутогезію.

**Адгезія** (рис. 4.14) – зчеплення (прилипання, злипання) приведених в контакт різнорідних твердих або рідких фаз; комплекс явищ, які здатні утворити зв'язки між матеріалами, що склеюються.

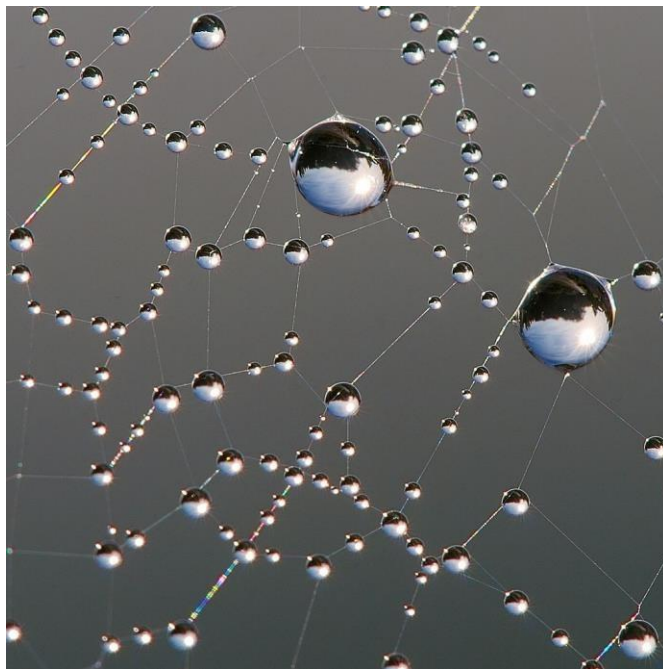


Рисунок 4.14 – Адгезія на прикладі крапельок води на павутині

**Аутогезія** – явище самозлипання двох наведених у контакт поверхонь тієї самої речовини, що перешкоджає їхньому розділенню по місцю контакту.

Аутогезія являє собою окремих випадок адгезії. Всі встановлені для адгезії закономірності властиві аутогезії. Злипання однорідних тіл не завжди приводить до утворення на границі поділу структури, що аналогічна об'ємній фазі речовини. Найчастіше аутогезійний зв'язок менш міцний, ніж когезійний. У низькомолекулярних зв'язуючих спостерігається рівність аутогезії і когезії.

Наприклад, пластифікований цемент має високу плинність та у гарячому стані розтікається подібно до води (кут природного укусу близький до нуля).

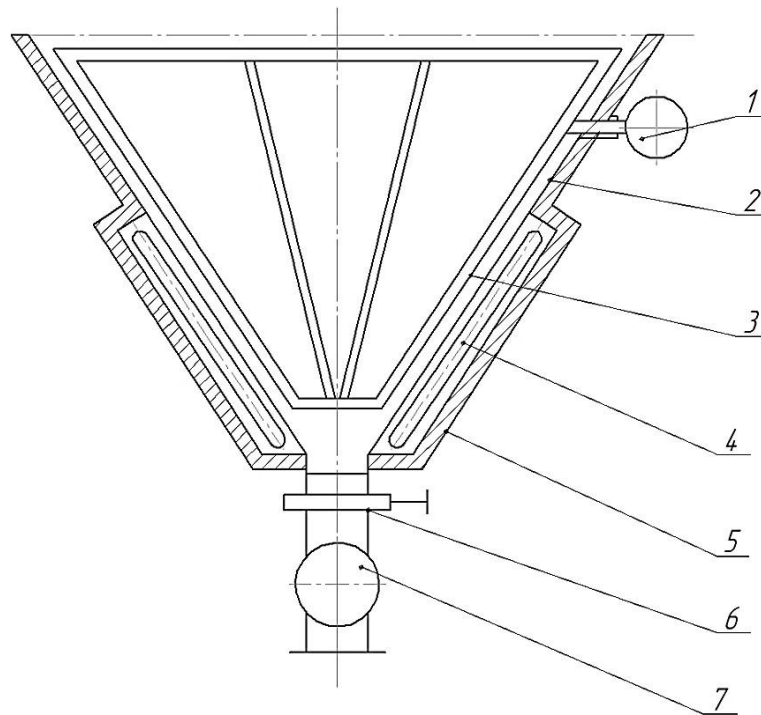
Перераховані вище міркування в кожному конкретному випадку повинні бути ретельно розібрані на початок проектування системи пілоттранспорту. Потрібно вимагати максимум відомостей від замовника, а також скористатися довідниками, звітами та іншими джерелами інформації. Найбільш достовірним джерелом інформації – є прямий чи близький аналог.

Систему пілоттранспорту можна розділити на чотири групи пристроїв:

- спонукачі, що сприяють розпушенню пилу в бункері та його витіканню в підбункерні транспортні механізми;
- затвори-дозатори, які встановлюються безпосередньо під бункером; їх призначення – дозоване за часом вивантаження пилу і одночасно – виключення зустрічних підсмоктувань повітря в бункер;
- механізми горизонтального та вертикального переміщення пилу в межах проектування газоочисної споруди;
- пристрої для первинної обробки вловленого пилу. (В абсолютній більшості випадків обробка зводиться до грануляції пилу. В вигляді гранул його може бути утилізовано на даному або іншому підприємстві, а при транспортуванні звичайними способами на далекі відстані, наприклад, на залізничних платформах або в кузовах вантажних автомобілів, гранули виключають вторинне пилоутворення).

Поширеним варіантом спонукача – є **рамна конструкція** (рис. 4.15), що приводиться в дію від вібратора. В практиці зустрічаються рішення, за якими вібратор кріпиться безпосередньо на стінці бункера. Цей спосіб нераціональний, оскільки вібрація не тільки може порушити герметичність бункера, але здатна передаватися на постамент та інші відповідальні конструкції.

До спонукувачів можна віднести і **пристрої для обігріву зовні стінок бункерів, в їх нижній частині**. Обігрів можна проводити трьома способами: ТЕНами, перегрітою парою або гарячим повітрям. Найбільш раціональний перший спосіб, оскільки інші вимагають складніших конструктивно-технологічних рішень.



1 – вібратор; 2 – стінка бункера; 3 – склепіння; 4 – електронагрівач (ТЕН); 5 – теплоізоляція; 6 – шиберний затвор (ручний); 7 – затвор-дозатор  
Рисунок 4.15 – Бункер пиловловлювача

**Шиберний затвор з гвинтовим ручним приводом** застосовується як відсічний пристрій між пиловим бункером і затвором-дозатором (на час ремонту, заміни дозатора тощо). **Перевага:** простота конструкції. **Недолік:** можливість заклинювання в пазах, що направляють.

**Одиарна пилова мигалка (пелюстковий затвор)** застосовується в невідповідних пиловивантажувальних вузлах. **Перевага:** простота конструкції. **Недолік:** не забезпечує надійної герметизації (у момент відкриття можливе зустрічне підсмоктування повітря). Одиарна пилова мигалка відома в багатьох конструктивних варіантах: з горизонтальним, похилим і вертикальним розташуванням клапана, з клапаном плоскої або конічної форми і т. д.

**Подвійна мигалка** з електроприводом технологічно надійніша за одиарну. Відкриття і закриття клапанів відбувається неодноразово, тобто забезпечується шлюзування пилу, що вивантажується. **Перевага:** досить висока герметичність. **Недолік:** значний розмір по висоті, нерідко ускладнює компонування. Можливий **безпривідний варіант**, але він, по суті, зводиться до послідовної установки двох одиарних мигалок і є простим механічним блокуванням, що виключає одночасне відкриття обох клапанів.

**Затвор-живильник барабанний (ротаторний, шлюзовий, осередковий)** застосовується у випадках, коли потрібна одночасно герметизація бункера та дозована видача пилу. **Переваги:** можливість точного та регульованого дозування пилу (шляхом зміни числа обертів), порівняльна простота конструкції, надійність у роботі. **Недоліки:** можливість підсмоктування

повітря через зазори між лопатями ротора та корпусом, схильність до замазування вологим пилом. Відомий у багатьох конструктивних варіантах.

**Затвор-живильник гвинтовий** застосовується для вивантаження пилу з одночасним забезпеченням дозування та герметичності. Дозування – за рахунок кількості обертів гвинта. Герметичність створюється гвинтом з кроком, що вкорочується, і притискним клапаном. У зоні укороченого кроку завдяки наявності притискного клапана постійно існує пилова пробка, що перешкоджає зустрічному підсмоктуванню повітря. **Позитивні якості:** повна герметизація бункера, велика продуктивність. **Недоліки:** складність конструкції, великі габарити, зношування гвинта, стінок корпусу та клапана, висока енергоємність. Відомий у багатьох конструктивних варіантах.

Вибір системи видалення та транспорту пилу багато в чому залежить від конфігурації бункера пиловловлюючого апарату. В основному застосовуються два типи бункерів: щілинні та пірамідальні (рис. 4.16).

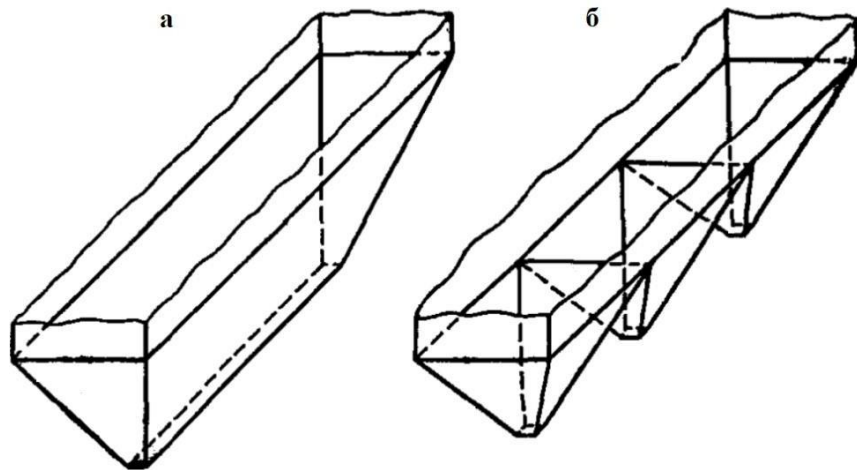


Рисунок 4.16 – Основні типи бункерів пиловловлюючих апаратів: а – щілинний; б – пірамідальний

**Щілинні бункери** мають малу металоємність; вони зручні для зовнішнього обігріву та обладнання спонукальними пристроями; можливість склепінняутворення та відкладення пилу на стінках у них відносно невелика. **Недоліком** щілинних бункерів є нездатність затворів-живильників дозованого вивантаження пилу. Необхідність монтувати безпосередньо під бункером гвинтовий або скребковий конвеєр із повністю загерметизованим корпусом.

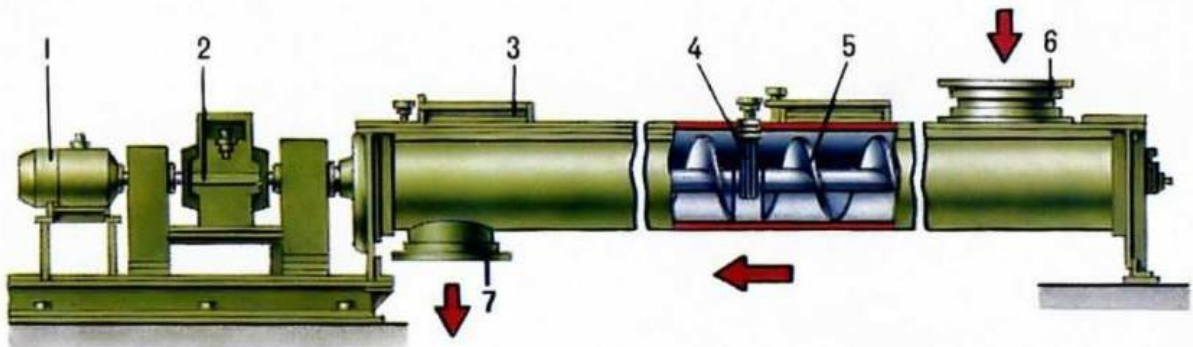
**Пірамідальні бункери** зручні для встановлення індивідуальних затворів-живильників з герметизацією розвантажувальних отворів. Однак вивантаження пилу з них ускладнено через можливість склепінняутворення та відкладення пилу, особливо в кутах бункерів; значна площа бічних і поперечних стін ускладнює проектні рішення щодо їх обігріву.

Таким чином, пил з щілинного бункера відразу потрапляє в пристрій для подальшого транспортування, з пірамідального – через посередництво підбункерних затворів-живильників.

Властивості пилу сильно залежить від розміру її частинок. Тому умови вивантаження пилу з останніх по ходу газу бункерів можуть бути зовсім іншими, ніж з перших. Дуже різко відрізняється розрахунковий час заповнення бункерів пилом. Якщо розглядати лише один чотирипільний електрофільтр, то час заповнення бункера четвертого поля перевищує час заповнення першого 80-120 разів. Розрахунковий час заповнення кожного бункера підлягає обов'язковому зазначенню в проєкті. Заводський персонал повинен знати, які тимчасові ресурси він має, наприклад, на ремонт або заміну затвора-живильника під одним з бункерів.

Для горизонтального та вертикального переміщення пилу використовуються конвеєри різних типів, ковшові елеватори та пневмотранспортні системи.

**Гвинтовий конвеєр (шнек)** застосовується для транспортування пилу на відстань до декількох десятків метрів, а з перекиданням з одного конвеєра в інший - на кілька сотень метрів.



1 – електродвигун; 2 – редуктор; 3 – жолоб; 4 – підвісний підшипник; 5 – шнек; 6 – завантажувальний патрубок; 7 – розвантажувальний патрубок

Рисунок 4.17 – Шнековий конвеєр

**Переваги:** відносна простота конструкції, відсутність елементів, схильних до великих динамічних навантажень, нескладні конструктивні рішення з герметизації корпусу; допускає установку з деяким нахилом вгору чи вниз; дозволяє транспортувати гарячий (до 400 ° C) пил. **Недоліки:** сильне зношування при транспортуванні абразивного пилу; мінімальний коефіцієнт заповнення (трохи більше 0,3); при значній довжині – наявність проміжних підшипників, які працюють без мастила в запиленому середовищі; небезпека забивання пилом, що злежується і злипається. Щоб уникнути переповнення, вимагає установки на вході дозуючого пристрою. При розміщенні під щільним бункером пиловловлюючого апарату він повинен видаляти пил безперервно: завал гвинтового конвеєра пилом (тим більш важким) виключає можливість його пуску і вимагає ручного розчищення.

**Скребковий конвеєр** (рис.4.18) застосовується для транспортування пилу на кілька десятків метрів. **Переваги:** широкий діапазон матеріалу, що транспортується за температурою, дисперсністю, вологістю та іншими

характеристиками, можливість роботи без дозуючих пристроїв (коефіцієнт заповнення не контролюється).



Рисунок 4.18 – Скребоквий конвеєр

**Недоліки:** великі динамічні навантаження на ланцюг і скребки, шум під час роботи, складність герметизації прямокутного корпусу.

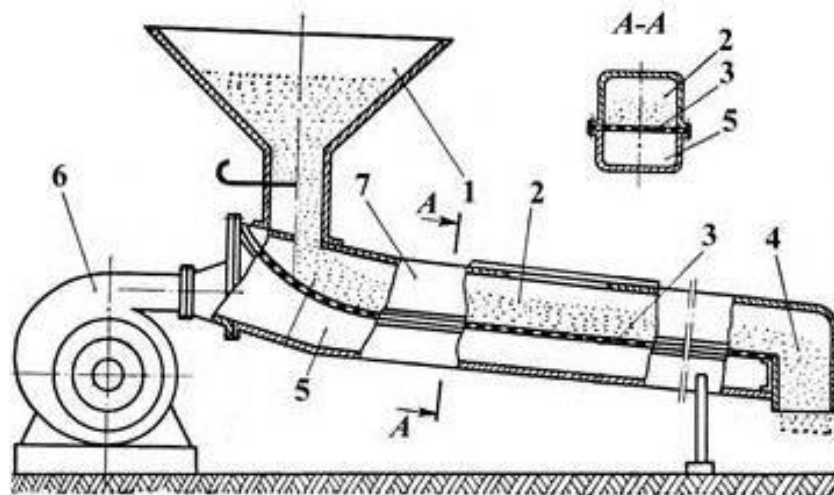
**Стрічковий конвеєр** (рис. 4.19) застосовується для транспортування пилу великі відстані (500-600 м і більше).



Рисунок 4.19 – Стрічковий конвеєр

**Позитивні якості:** можливість зміни кутів нахилу по ходу стрічки, широкий діапазон продуктивності, безшумність. **Недоліки:** складність герметизації, необхідність аспірації місць завантаження та перевантаження пилу, обмеження температури пилу термостійкістю стрічки, велика кількість вузлів, що вимагають мастила.

**Аерожолоб** (рис.4.20) застосовується для переміщення пилу на відстань до кількох десятків метрів, обов'язково з невеликим ( $2-5^\circ$ ) ухилом у бік переміщення.



1 – лійка завантажувальна; 2 – канал вантажний; 3 – перегородка пориста; 4 – патрубок вивантажний; 5 – повітряний канал; 6 – вентилятор; 7 – жолоб у зборі

Рисунок 4.20 – Аерожолоб

**Переваги:** безшумність, незначна витрата енергії (у 5-6 разів менше, ніж у гвинтового конвеєра), простота конструкції та обслуговування, відсутність частин, що рухаються.

**Недоліки:** неможливість транспортування пилу строго горизонтально і, тим більше, з підйомом вгору, потреба в глибоко осушеному повітрі, необхідність індивідуального визначення (зазвичай експериментально або при налагодженні) тиску повітря для різних пилів, труднощі в підборі матеріалу для пористої повітропроникної перегородки. Найкращий матеріал перегородки – пориста керамічна плитка. Заміна плитки різними видами тканини можлива, але не рівноцінна.

**Пневмопідйомник (ерліфт)** застосовується для підйому пилу на висоту до кількох десятків метрів. **Переваги:** повна власна герметичність, а у поєднанні з гвинтовим затвором-живильником – повна герметизація бункера. **Недоліки:** потрібне глибоко осушене повітря; якщо повітря подається через пористу перегородку, встановлену в нижній камері підйомника, то виникають ті ж проблеми з вибором матеріалу для неї, що й у аерожолоба. Відомий у багатьох конструктивних виконаннях.

У довідниках та каталогах перелік пристроїв для вивантаження та



транспортування пилу значно ширший. **При проєктуванні** потрібно аналізувати особливості цих механізмів і давати їм технологічну оцінку в порівнянні з властивостями пилу. Застосовувати в проєктах слід лише ті, які серійно випускаються промисловістю і є в каталогах заводів-виробників.

Необхідно вимагати від замовника та осіб, які готують завдання, щоб у опитувальних листах вказувалися не тільки найменування пилу, а й його характеристики для конкретного випадку. Нерідко пил одного найменування, що виділяється з аналогічних агрегатів, на різних підприємствах (і навіть у різних цехах одного підприємства) може мати несхожі характеристики. Це може бути пов'язано з незначними відмінностями в організації технологічного процесу та іншими обставинами, аж до рівня виробничої культури. Наприклад, насипна щільність соди може коливатися в діапазоні 500-1300 кг/м<sup>3</sup>, сухої глини – від 1000 до 1800 кг/м<sup>3</sup>, гіпсу – від 800 до 1700 кг/м<sup>3</sup> і т.д.

Строго обґрунтованих теоретичних розрахункових формул для запірно-дозуючих пристроїв немає, оскільки неможливо врахувати все різноманіття властивостей і станів пилу, що вивантажуються. Тому розрахунок проводять за усередненими та спрощеними напівемпіричними формулами, або витягують відповідні дані з довідкових таблиць.

Крім сухого пилотранспорту, на деяких підприємствах застосовується мокре видалення та транспорт у потоці рідини пилу, уловленого в сухих апаратах. Це характерно, зокрема, для збагачувальних підприємств чорної металургії, де є флотаційні відділення. Оскільки флотація руд провадиться з вживанням великої кількості води, то підприємство приймає назад у виробничий цикл шлам із системи мокрого пилотранспорту.

У спеціальному газоочисному устаткуванні застосовуються спеціальні способи видалення пилу. Так, в електрофільтрах рудно-термічних фосфорних печей та содорегенераційних котлів у целюлозно-паперовій промисловості, що мають плоскі днища (без бункерів), пил видаляється за допомогою безперервно працюючих скребкових механізмів.

#### 4.7 Властивості пилу та їх облік при проєктуванні пилотранспорту

Залежно від властивостей пилу і труднощами, що викликаються ними, розроблені різні проєктні рішення для усунення або попередження несправностей у роботі обладнання.

**Пил, що має великий кут природного укосу (50 ° і більше)** призводить до утруднення його стікання по стінках бункерів та похилим тічкам. Для попередження труднощів збільшують нахил стін та тічок; наносять на стінки бункерів покриття з малим коефіцієнтом тертя; використовують покриття з «повітряним мастилом».

**Пил, що має невеликою насипною щільністю** сприяє утворенню пластівцеподібних агрегатів, що легко переходять в аерозольний стан, що в свою чергу призводить до вторинного пиловиносу з бункерів і системи

пилотранспорту. Для попередження даних процесів необхідно застосовувати повністю герметичних пилових затворів та наглухо загерметизованих пилотранспортних систем та використовувати ежекційний пневмотранспорт.

**Пил, що має корозійні властивості (особливо у присутності вологи)** призводить до корозії нижньої частини бункерів та окремих елементів пилетранспортної системи. Нанесення на стінки бункерів неметалевих хімічностійких покриттів та плакування нижньої частини бункерів тонколистової нержавіючої сталі, зовнішній обігрів бункерів дозволить запобігти корозії обладнання.

**Плакування** – нанесення на поверхню металевих листів, плит, дроту, труб тонкого шару іншого металу або сплаву термомеханічним способом.

**Схильність пилу до злежування** призводить до утворення склепінь та відкладень на стінках бункерів. Використання в бункерах спонукачів різного типу, відсутність у системі пилотранспорту проміжних ємностей та безперервне вивантаження пилу вирішує вищеописану проблему.

**Волокнистий або пластівчастий за структурою пил** сприяє формуванню відносно компактних об'ємів матеріалу і в той же час утворенню довгострокових відкладень в кутах бункерів. Можливі проєктні рішення – це влаштування листових гнутих металевих накладок, що заокруглюють кути бункерів.

**Підвищена гігроскопічність** призводить до зниження рухливості та плинності пилу, утворення склепінь та відкладень, погане вивантаження з бункерів аж до повного його припинення. Шляхи вирішення проблеми: зовнішній обігрів бункерів; підтримка в системі очищення температурних режимів, що виключають конденсацію пар; застосування спонукачів; безперервне вивантаження пилу з бункерів.

**Висока абразивність пилу.** Наслідки: знос стін бункерів і похилих тічок; знос елементів пилотранспортної системи, що мають інтенсивний динамічний контакт з пилом. Шляхи вирішення: покриття поверхонь, що зношуються, зносостійкими матеріалами; виключення застосування гвинтових та скребкових конвеєрів; застосування у системах пневмотранспорту колін трубопроводів футерованих керамікою; зведення числа колін до мінімуму.

**Наявність у складі пилу оксиду кальцію чи вапняку.** При сукупній наявності в газах сульфур оксидів і вологи такий пил сприяє утворенню твердих відкладень, що важко видаляються. Методи боротьби: підтримка температурного режиму, що виключає конденсацію; обігрів стінок бункерів; безперервне вивантаження пилу.

**Наявність на поверхні частинок пилу масляної плівки,** що сприяє їх коагуляції і, як наслідок, призводить до зависання пилу в кутах бункерів, іноді до утворення склепінь. Шляхи вирішення: застосування понукальних пристроїв та пристроїв, які руйнують склепіння.

**Сильна електрична зарядженість частинок пилу.** Погане ковзання пилу по похилих стінках бункерів н течках. Утворення пробок у вузьких і незручних місцях. Шляхи вирішення: максимально можливе збільшення кута

нахилу поверхонь, усунення незручних для проходження пилу місць, застосування пластмасових діелектричних покриттів.

**Грануляція вловленого пилу.** У більшості випадків первинна обробка уловленого пилу, на прохання замовника, полягає у його грануляції. Для цього в принципі може бути використаний будь-який серійний гранулятор.

**Розчиноприготувальне та розчинооборотне господарство.** Якщо система газоочищення проєктується для підприємств, що мають власне розвинене розчиноприготувальне та розчинооборотне господарство, то таке не входить до складу газоочисних споруд. Завод подає на газоочищення готові розчини та приймає їх після відпрацювання назад у загальнозаводське господарство. Можливі компромісні рішення: наприклад, завод подає на газоочищення реагенти у сухому вигляді (соду, вапняк, луг та ін.); в межах газоочищення з них готуються розчини, які після використання піддаються частковому очищенню, а потім прямують до загальнозаводської системи очищення стоків.

Найбільш складні випадки, коли все розчинне господарство; (приготування, очищення, регенерація) передбачено у складі проєкту газоочищення.

Технологічні схеми розчиноприготування та обороту настільки ж різноманітні, наскільки різноманітні завдання, які вирішуються мокрим газоочищенням. Ускладнюючим фактором є селективність зрошення (за режимами та хімічним складом зрошувальних рідин) – як по окремих апаратах, так і всередині одного апарату з різних вузлів зрошення.

Зрошення мокрих апаратів без повторного використання розчину, в даний час застосовується зрідка, оскільки веде до невикористано великої витрати рідини і реагентів, що містяться в ній. У проєктах зазвичай передбачається циклічність зрошення, тобто n-кратне використання одного і того ж розчину з поступовим частковим виведенням його із циклу та добавкою свіжого розчину. Якщо очищення піддається гарячий газ і циркулюючий розчин нагрівається, то в цикл вбудовується теплообмінник-холодильник.

При проєктуванні систем зрошення важливу роль грає поняття про граничний стан розчину. Якщо зрошувати мокрий апарат циркулюючим розчином без відведення його частини та добавки свіжого, то через деякий час стан розчину виключає його подальше використання. Граничний стан може визначатися факторами, які перераховуються нижче.

Якщо розчин вловлює дисперсну фазу твердого аерозолі, то вміст завислих речовин не повинен перевищувати концентрації, вище за яку порушується робота зрошувачів. Іншим критерієм граничного стану в цьому випадку є неприпустиме зниження ступеня уловлювання, викликане великим виносом продукту, що уловлюється, з бризками концентрованої суспензії.

При накопиченні в розчині деяких компонентів, наприклад, малорозчинних карбонатних сполук, за певних умов починається їх кристалізація на внутрішній поверхні труб, апаратів, арматури, причому вона супроводжується також осадженням інертних завислих речовин.

Початок кристалізації означає, що настав граничний стан розчину; подальше його використання призведе до швидкого забивання елементів зрошувальної системи.

При абсорбції парів або газів граничним станом є таке насичення розчину, при якому його подальше використання втрачає сенс: між розчином і компонентом, що абсорбується, встановлюється рівновага, і абсорбція припиняється.

## II. ЗМІСТ ТЕОРЕТИЧНОЇ ЧАСТИНИ ДЛЯ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

### *Тема .* **Склад проектної документації**

#### **Контрольні запитання**

1. В чому полягає процес створення проектної документації у природоохоронній діяльності ?
2. Які інженерні об'єкти відносять до природоохоронних?
3. Яких принципів слід дотримуватись при проектуванні природоохоронних об'єктів?
4. Стадійність проектування інженерних об'єктів.
5. Види проектної документації, яку розробляють в одну стадію.
6. Види проектної документації, яку розробляють у дві стадії.
7. Види проектної документації, яку розробляють у три стадії.
- 8.

### *ТЕМА .* **НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ**

#### **Контрольні запитання**

1. Необхідність наукового обґрунтування проекту.

### *Тема .* **Патентний пошук**

#### **Контрольні запитання**

1. У чому полягає патентний пошук і яким чином його проводять?

### *Тема .* **Єдина система конструкторської документації (ЄСКД)**

#### **Контрольні запитання**

1. Що таке ЄСКД та її призначення?
2. Що таке САПР та її переваги перед традиційними методами проектування?

### *Тема .* **Інженерно-екологічні вишукування**

#### **Контрольні запитання**

1. Зміст інженерних вишукувань.

### *Тема .* **Вибір майданчика під забудову**

#### **Контрольні запитання**

1. Яким чином визначають місце розташування майбутнього інженерного об'єкта?
2. Склад та дії комісії з вибору будівельного майданчика.

### *Тема .* **Кошторис проекту**

#### **Контрольні запитання**

1. Як визначають вартість будівництва запроектованого об'єкта?
2. Як визначають вартість збудованого об'єкта?
3. Види кошторисної документації.
4. Вихідна інформація, яку використовують при складанні кошторисної документації.
5. Вимоги до матеріалів, які використовують для виготовлення природозахисних споруд.

*Тема 8. Природоохоронні об'єкти та особливості їх проектування*  
**Контрольні запитання**

1. Захист навколишнього середовища при проектуванні природоохоронних заходів.
2. Можливість скорочення санітарно-захисних зон.
3. Особливості відведення дренажних вод.
4. Визначення верхньої межі водоохоронних зон.
5. Вимоги до рибозахисних заходів.

*Тема . «Оцінка впливу діяльності, що проектується, на навколишнє середовище (ОВНС)»*

**Контрольні запитання**

1. Призначення та склад розділу ОВНС.
2. На якій стадії проектування складається розділ ОВНС?
3. Призначення та зміст Заяви про екологічні наслідки.

*Тема . Екологічна експертиза проектів*  
**Контрольні запитання**

1. Призначення та обов'язки державної екологічної експертизи.
2. Громадська екологічна експертиза.
3. Висновки державної екологічної експертизи.

*Тема . Участь проектувальника в погодженні проектної документації*  
**Контрольні запитання**

1. Дії проектувальників щодо висновків державної екологічної експертизи.

*Тема . Авторський нагляд за будівництвом об'єкта, що запроектований*  
**Контрольні запитання**

1. Призначення авторського нагляду.
2. Акти прихованих робіт.

*Тема. Участь проектної організації у пусконалагоджувальних роботах та введенні об'єкта в експлуатацію*

**Контрольні запитання**

1. Пусконалагоджувальні роботи природозахисних споруд.
2. Введення об'єктів в експлуатацію.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабакин В.М., Колосков В.Ю., Кондратенко О.М., Душкін С. С, Серікова О. М. КУРС ЛЕКЦІЙ «Розробка проектної документації у природоохоронній діяльності» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища» у галузі знань 18 «Виробництво та технології. Х.: НУЦЗУ, 2021. 221с.

1. ДБН А.2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво». – К.: Мінрегіон України, 2014. – 33 с.

2. ДБН А.2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд». – К.: Держбуд України, 2004. – 40 с.

3. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 «Правила визначення вартості будівництва». – К.: Мінрегіон України, 2013. – 88 с.

4. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». – К.: Мінрегіон України, 2013. – 172 с.

5. ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». – К.: Мінрегіон України, 2013. – 219 с.

6. ДБН В.2.4-2-2005 «Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування». – К.: Держбуд України, 2005. 34 с.

7. ДБН 2.4-4:2010 «Полігони зі знешкодження та захоронення токсичних відходів. Основні положення проектування». К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 34 с.

8. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: підручник / А.К. Запольський. К.: Вища школа, 2005. – 671 с.

9. Природоохоронні технології. Ч.1. Захист атмосфери: навчальний посібник / Северин Л.І., Петрук В.Г., Безвозюк І.І., Васильківський І.В. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 388 с.

10. Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.2 : Методи очищення стічних вод / [Петрук В.Г., Северин Л.І., Васильківський І.В., Безвозюк І.І.] – Вінниця : ВНТУ, 2014. 258 с.

11. Слободян, Н. М. Організація та технологія проектування систем теплогазопостачання та вентиляції : навчальний посібник / Н. М. Слободян, О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 107 с.

12. Fire resistance of reinforced concrete and steel structures : monograph. Sadkovyi, V., Rybka, E., Otrosh, Yu. (Eds.) / V. Sadkovyi, V. Andronov, O. Semkiv, A. Kovalov, E. Rybka, Yu. Otrosh, M. Udianskyi, V. Koloskov, A. Danilin, P. Kovalov. – Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 2021. – 180 p. doi: <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-43-5>.

13. Підвищення рівня екологічної безпеки забудованих територій України, схильних до підтоплення : монографія / О.М. Серікова, О.О. Стрельнікова, В.Ю. Колосков Х. : НУЦЗ України, 2020. – 142 с.

14. Фізичне і математичне моделювання процесів у фільтрах твердих частинок у практиці критеріального оцінювання рівня екологічної безпеки : монографія / О.М. Кондратенко, В.Ю. Колосков, Ю.Ф. Деркач, С.А. Коваленко. – Х.: Стиль-Издат (ФОП Бровін О.В.), 2020. – 522 с. – ISBN 978- 617-7912-64-3.

15. Дослідження гідравлічних струменів при створенні систем управління екологічною безпекою об'єктів підвищеного ризику: монографія / С.О. Вамболь, О.М. Кондратенко, І.В. Міщенко, В.Ю. Колосков. – Х.: Стиль-Издат (ФОП Бровін О.В.), 2018. –204 с. ISBN 978-617-7555-58-1.

16. The groundwater level changing processes modeling in 2 d and 3d formulation / O. Sierikova, V. Koloskov, E. Strelnikova // Acta Periodica Technologica. 2022. Vol. 53. P. 36-47.

17. Development of the combined reservoir of mixture of technical combustible liquids as component of environment protection technology / O.M. Kondratenko, V.Yu. Koloskov, O.O. Tkachenko, Ye.V. Kapinos, M.V. Repetenko

18. // Technogenic and Ecological Safety. Х.: НУЦЗУ, 2021. № 10(2/2021). С. 28–40. – DOI: 10.52363/2522-1892.2021.2.5.

19. Determination of reference values of complex fuel and ecological criterion as the separate independent factor of ecological safety / O.M. Kondratenko,

20. V.A. Andronov, V.Yu. Koloskov, O.O. Tkachenko, Ye.V. Kapinos // Двигуни внутрішнього згоряння. – Х: НТУ «ХПІ», 2021. № 1. –pp. 75–85. –DOI: 10.20998/0419-8719.2021.1.10.

21. Development and Use of the Index of Particulate Matter Filter Efficiency in Environmental Protection Technology for Diesel-Generator with Consumption of Biofuels / O. Kondratenko, V. Andronov, V. Koloskov, O. Stokov // 2021 IEEE KhPI Week on Advanced Technology: Conference Proceedings (13–17 September 2021, NTU «KhPI», Kharkiv). – Kharkiv: NTU «KhPI», 2021. – pp. 239–244. – DOI: 10.1109/KhPIWeek53812.2021.9570034.

22. Criteria based assessment of the level of ecological safety of exploitation of electric generating power plant that consumes biofuels / O. Kondratenko, I. Mishchenko, G. Chernobay, Yu. Derkach, Ya. Suchikova // 2018 IEEE 3rd International International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS–2018): Book of Papers. 10–14 September, 2018. Kharkiv, Ukraine. pp. 57- 1–57-6. – DOI: 10.1109/IEPS.2018.8559570.

23. Використання апарату нечіткої логіки та психофізичних шкал у критеріальному оцінюванні рівня екологічної безпеки. Звіт про НДР (2019–2021) [Рукопис] / кер. О.М. Кондратенко, відп. викон. І.В. Міщенко, викон.: Г.О. Чернобай. – № ДР 0119U001001. – Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2021. – 145 с.

24. Удосконалення системи управління екологічною безпекою полігона твердих побутових відходів. Звіт про НДР (2019–2021) [Рукопис] / кер. В.Ю. Колосков, відп. викон. І.В. Міщенко, викон.: Ю.Ф. Деркач. – № ДР 0119U001002. Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2021. 90 с.

25. Теоретичні дослідження системи управління екологічною безпекою під час надзвичайних ситуацій, пов'язаних з пожежами на полігонах зберігання твердих побутових відходів. Звіт про НДР (2017–2018) [Рукопис] / кер. С.О. Вамболь, відп. викон. В.Ю. Колосков, викон.: О.В. Лугова, Д.М. Цюрисов. № ДР 0117U002003. Х.: Національний університет цивільного захисту України, 2018. 74 с.

26. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 1. Захист атмосфери : підручник / В.Г. Петрук, І.В. Васильківський, Р.В. Петрук, Г.В.



Крусір, М.О. Клименко, Г.В. Сакалова. – Херсон.: Олді-плюс, 2019. – 432 с.

27. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 2. Методи очищення стічних вод : підручник / В.Г. Петрук, І.В. Васильківський, Р.В. Петрук. – Херсон.: Олді-плюс, 2019. – 298 с.

28. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 3. Сталій менеджмент та ресурсна ефективність : підручник / В.Г. Петрук, І.В. Васильківський, Р.В. Петрук., Г.В. Крусір, М.О. Клименко, Г.В. Сакалова. Херсон.: Олді-плюс, 2019. 230 с.

29. Технології захисту навколишнього середовища. Ч. 4. Технології поводження з відходами харчових виробництв : підручник / В.Г. Петрук, І.В. Васильківський, Р.В. Петрук., Г.В. Крусір. Херсон.: Олді-плюс, 2019. 520 с.

30. Зацерквяний М.М., Зацерквяний О.М., Столевич Т.Б. Процеси захисту навколишнього середовища : підручник. Одеса: Фенікс, 2017. –454 с.

31. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навч. посібн. Одеса: ОДЕУ, 2018. – 228 с. Мальований М.С., Боголюбов В.М., Шаніна Т.П., Шмандій В.М., Сафранов Т.А. Техноекологія: підручник / За ред. М.С.Мальованого. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», 2013. – 424 с.

32. Екологічна безпека : Підручник / В.М. Шмандій, М.О. Клименко, Ю.С. Голік, А.М. Прищепа та ін. – Херсон : Олді-плюс, 2013. – 366 с.

33. Моніторинг довкілля : Підручник / М.О. Клименко, А.М. Прищепа, Н.М. Вознюк. К. : Видав. центр «Академія», 2006. 360 с.

34. Зеркалов Д.В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль : Посіб. / Д.В. Зеркалов. – К. : КНТ, Дакор, Основа, 2007– 412 с.

35. Кучерявий, В.П. Загальна екологія : Підруч. для студ. вищих навч. закл. / В.П. Кучерявий. – Львів : Світ, 2010. 520 с.

36. Іванюта, С.П. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків: Монографія / С.П. Іванюта, А.Б. Качинський. К. : НІСД, 2012. 308 с.

### **Інформаційні ресурси**

1. Наукова періодика України. Бібліотека ім. В.Вернадського [www.irbis-nbuv.gov.ua](http://www.irbis-nbuv.gov.ua)

2. Служба охорони природи – Інформаційний центр <http://sop.org.ua>

3. Науковий центр прикладних екологічних досліджень <http://env.teset.sumdu.edu.ua>