

Міністерство освіти і науки України
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету

Г. Б. Кожемякін, А.В. Вагін

ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Конспект лекцій
для здобувачів ступеня вищої освіти магістра
спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища»
освітньо-професійної програми
«Технології захисту навколишнього середовища»

Запоріжжя
2025

ЛЕКЦІЯ №1

Тема: Інноваційні технології захисту навколишнього середовища

Мета: Ознайомити студентів із сучасними технологічними рішеннями у сфері охорони довкілля, їх практичним застосуванням та перспективами розвитку.

Навчальні питання:

1. Поняття інновацій у сфері екології.
2. Класифікація інноваційних технологій захисту довкілля.
3. Сучасні приклади екологічних технологій у різних галузях.
4. Перспективи розвитку та виклики впровадження інноваційних технологій.

1. Поняття інновацій у сфері охорони довкілля

Інноваційні екотехнології — це новітні технічні, організаційні або біотехнологічні рішення, спрямовані на зменшення негативного впливу людської діяльності на навколишнє середовище. Основна мета — **збалансований розвиток**, тобто поєднання економічного зростання з охороною природи.

Приклади напрямів:

- Енергоефективність і відновлювана енергетика;
- Екологічно чисте виробництво;
- Раціональне використання водних, земельних і лісових ресурсів;
- Переробка та утилізація відходів;
- Моніторинг і контроль забруднення.

2. Класифікація інноваційних технологій захисту довкілля

За сферою застосування:

-  Атмосфера — технології очищення викидів, фільтрація повітря, уловлювання CO₂;
-  Вода — біологічна очистка стічних вод, мембранні технології;
-  Ґрунт — рекультивація, фіторе mediaція, біоре mediaція;
-  Відходи — сортування, переробка, повторне використання матеріалів (Zero Waste).

За типом технологій:

- **Технічні:** системи очищення, датчики контролю, автоматизація;
- **Біотехнологічні:** мікроорганізми для очищення, біогазові установки;
- **ІТ-технології:** «розумні» екомоніторингові системи, супутникові технології, Big Data, AI для прогнозування стану довкілля.

3. Приклади сучасних інноваційних технологій

1. **Сонячні та вітрові електростанції нового покоління** — зберігають енергію у гібридних акумуляторах.
2. **Системи уловлювання та зберігання вуглецю (CCS, CCUS)** — зменшують викиди парникових газів.
3. **Біопластики** — полімери на основі кукурудзи, цукрової тростини або водоростей.
4. **Розумні сміттєві баки (Smart Bins)** — автоматичне сортування відходів, контроль заповненості.
5. **Екомісто майбутнього** — "зелений" транспорт, дахові сади, енергоефективні будівлі.
6. **Фіторемедіація** — очищення ґрунтів рослинами (соняшник, конюшина, очерет).
7. **Нанотехнології у водоочищенні** — нанофільтри, графенові мембрани.

4. Перспективи та проблеми впровадження

Переваги:

- Зниження екологічних ризиків;
- Підвищення енергоефективності;
- Формування «зеленої» економіки;
- Підвищення якості життя.

Проблеми:

- Висока вартість впровадження;
- Недостатня державна підтримка;
- Опір традиційних виробництв;
- Брак кадрів із екологічним мисленням.

5. Висновки

Інноваційні технології — ключ до вирішення глобальних екологічних проблем. Їх впровадження сприяє переходу до сталого розвитку, де охорона довкілля стає частиною економічної та соціальної політики держав.

ЛЕКЦІЯ

№2

Тема: Принципи аналізу технологічних процесів як джерел негативного впливу на довкілля

1. ВСТУП

Сучасна промисловість є одним із головних джерел антропогенного впливу на довкілля. Будь-який технологічний процес супроводжується використанням природних ресурсів і утворенням відходів, викидів, стічних вод, тепла чи шуму.

Мета аналізу технологічних процесів — виявити джерела негативного впливу, оцінити масштаби цього впливу та знайти шляхи його зменшення.

Завдання екологічного аналізу:

- визначити небезпечні стадії виробництва;
- оцінити матеріальні, енергетичні та інформаційні потоки;
- розробити рекомендації для оптимізації технології з екологічної точки зору.

2. ДЖЕРЕЛА НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Будь-яке виробництво може впливати на **три основні компоненти біосфери**: атмосферу, воду і ґрунт.

2.1. Основні види негативного впливу:

1. **Забруднення атмосфери** – викиди пилу, чадного газу, оксидів азоту, сірки, парникових газів.
2. **Забруднення води** – стічні води, що містять токсичні сполуки, органічні речовини, нафтопродукти.
3. **Деградація ґрунтів** – забруднення важкими металами, кислотами, добривами, відходами.
4. **Тверді відходи** – шлаки, пластики, відходи упаковки, відпрацьовані реагенти.
5. **Фізичні фактори впливу** – шум, вібрації, теплове забруднення, електромагнітні поля.

2.2. Галузеві приклади:

- **Металургія:** велика кількість пилу, оксидів металів, шлаків.
- **Хімічна промисловість:** токсичні гази, відходи реакцій, стоки з високою концентрацією забруднювачів.
- **Енергетика:** викиди CO₂, SO₂, NO_x, попіл, шлами.
- **Машинобудування:** мастильні матеріали, металообробні рідини, відходи різання.
- **Харчова промисловість:** органічні залишки, стічні води з високим вмістом біогенних елементів.

3. ПРИНЦИПИ АНАЛІЗУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

3.1. Системність

Кожен технологічний процес розглядається як **відкрита система**, у якій є:

- *вхідні потоки* (сировина, енергія, вода);
- *вихідні потоки* (продукція, викиди, відходи, тепло).

Завдання аналізу — мінімізувати негативні вихідні потоки при збереженні ефективності виробництва.

3.2. Комплексність

Потрібно враховувати всі можливі види впливу — хімічний, фізичний, біологічний, тепловий, шумовий.

3.3. Етапність

Кожен технологічний процес поділяється на окремі стадії (підготовка, реакція, очищення, упаковка тощо). Оцінюється екологічна небезпека кожної стадії окремо.

3.4. Порівняльність

Здійснюється порівняння альтернативних технологій або варіантів виробничого процесу з метою вибору екологічно безпечнішого.

3.5. Превентивність

Основна ідея — запобігати забрудненню, а не ліквідовувати його наслідки. Важливо враховувати екологічні ризики ще на етапі проєктування технологій.

3.6. Відновлюваність

Оцінюється можливість повторного використання матеріалів і енергії (рециркуляція, рекуперація, вторинна сировина).

4. МЕТОДИ АНАЛІЗУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

1. **Балансовий метод** — аналіз співвідношення “вхід–вихід” (сировина, енергія, вода, відходи).
2. **Метод життєвого циклу (LCA)** — оцінка впливу продукту на довкілля від видобутку сировини до утилізації.
3. **Екологічне картування** — визначення “гарячих точок” у технологічній схемі.
4. **Оцінка екологічних ризиків (ERA)** — виявлення ймовірних аварійних або небезпечних ситуацій.
5. **Енергетичний аналіз** — визначення ефективності використання енергії та потенціалу її економії.
6. **Екологічний аудит** — перевірка відповідності технології нормам і стандартам екологічної безпеки.

5. КРИТЕРІЇ ЕКОЛОГІЧНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

- Обсяг викидів і стічних вод;
- Питома витрата енергії та ресурсів;
- Кількість твердих відходів;
- Частка утилізованих матеріалів;
- Рівень застосування екологічно безпечних речовин;
- Можливість рекуперації тепла та енергії;
- Тривалість життєвого циклу обладнання.

6. ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ

1. Впровадження маловідходних та безвідходних технологій.
2. Заміна шкідливої сировини на екологічно безпечні аналоги.
3. Модернізація устаткування з метою підвищення енергоефективності.
4. Використання відновлюваних джерел енергії у виробництві.
5. Створення замкнених циклів водопостачання та повітроочищення.
6. Автоматизація контролю за викидами і стоками.
7. Екологічна сертифікація підприємства та продукції.

7. ВИСНОВКИ

- Екологічний аналіз технологічних процесів — це необхідний інструмент сталого розвитку промисловості.
- Принципи системності, етапності та превентивності дозволяють зменшити негативний вплив на довкілля.
- Застосування сучасних методів оцінки (LCA, ERA, аудит) сприяє підвищенню екологічної безпеки виробництва.
- Майбутнє промисловості — у переході до «зелених» технологій та циркулярної економіки.

ЛЕКЦІЯ №3

Тема: Аналіз переваг і недоліків технологій захисту навколишнього середовища

Мета лекції: Розглянути основні види технологій захисту довкілля, проаналізувати їх переваги та обмеження, сформулювати вміння критично оцінювати ефективність екологічних технологій за технічними, економічними та екологічними критеріями.

Навчальні цілі:

знати класифікацію сучасних технологій захисту навколишнього середовища;

- розуміти принципи їх роботи та критерії оцінки ефективності;
- уміти визначати переваги й недоліки конкретних технологічних рішень;
- володіти підходами до вибору оптимальних технологій для різних галузей промисловості.

1. Вступ. Необхідність впровадження технологій захисту довкілля

Інтенсивний розвиток промисловості, транспорту, енергетики призводить до накопичення забруднюючих речовин у природних середовищах — повітрі, воді, ґрунті.

Тому виникла потреба в **технологічних системах**, спрямованих на **мінімізацію шкідливого впливу** людської діяльності на природу.

Технології захисту навколишнього середовища (ТЗНС) — це сукупність технічних засобів, методів і процесів, що забезпечують попередження або зменшення негативного впливу виробництва на довкілля.

2. Класифікація технологій захисту довкілля

ТЗНС можна поділити за напрямом дії:

- 1. Технології очищення:**
 - очищення повітря (фільтрація, абсорбція, каталітичне очищення);
 - очищення стічних вод (механічне, біологічне, фізико-хімічне);
 - очищення ґрунтів (біоремедіація, термічні методи).
- 2. Технології зменшення утворення забруднень:**
 - безвідходні технології;
 - замкнуті цикли виробництва;
 - енергоощадні процеси.
- 3. Технології утилізації та повторного використання:**
 - сортування, переробка, компостування відходів;
 - виробництво вторинної сировини.
- 4. Енергетичні екотехнології:**
 - відновлювані джерела енергії (сонце, вітер, біомаса, геотермальна енергія);
 - системи рекуперації тепла.

3. Критерії оцінки ефективності технологій

Для об'єктивного аналізу будь-якої технології використовують кілька груп критеріїв:

Тип ефективності	Критерії оцінки
Екологічна	Ступінь зменшення викидів, скидів, відходів; екотоксичність процесу; відповідність нормативам.
Технічна	Надійність, довговічність, простота експлуатації, ступінь очищення.
Економічна	Вартість впровадження, термін окупності, витрати на обслуговування.
Соціальна	Вплив на здоров'я населення, умови праці, екологічну свідомість суспільства.

4. Переваги сучасних технологій захисту довкілля

1. Екологічні переваги:

- Зменшення викидів шкідливих речовин у повітря й воду;
- Зниження ризику деградації екосистем;
- Відновлення природних ресурсів;
- Перехід до **циркулярної економіки** (повторне використання ресурсів).

2. Економічні переваги:

- Економія ресурсів (енергії, води, сировини);
- Зменшення платежів за забруднення;
- Можливість продажу вторинної сировини;
- Формування позитивного екологічного іміджу підприємства.

3. Технічні переваги:

- Використання автоматизованих систем моніторингу;
- Підвищення ефективності виробництва;
- Інтеграція в існуючі технологічні лінії.

4. Соціальні переваги:

- Поліпшення умов життя населення;
- Зменшення рівня професійних захворювань;
- Стимулювання розвитку «зеленого бізнесу».

5. Недоліки та обмеження екологічних технологій

1. Технічні недоліки:

- Складність обслуговування та потреба у кваліфікованому персоналі;
- Неможливість повного очищення у випадку високої концентрації забруднень;

- Висока енергоємність деяких процесів.

2. Економічні недоліки:

- Висока вартість установок і обладнання;
- Тривалий термін окупності;
- Залежність ефективності від обсягу виробництва.

3. Екологічні ризики:

- Утворення нових вторинних відходів (осадів, концентратів, фільтратів);

- Потреба в додаткових ресурсах (вода, енергія, реагенти);

- Можливість вторинного забруднення при неправильному обслуговуванні систем.

6. Порівняльна характеристика технологій

Тип технології	Переваги	Недоліки
Біотехнології очищення	Природність, низькі витрати, безпечність	Повільна дія, чутливість до температури
Фізико-хімічні методи	Висока ефективність очищення, універсальність	Висока енергоємність, утворення концентрованих відходів
Теплові методи (спалювання, піроліз)	Зменшення об'єму відходів, вироблення енергії	Утворення токсичних газів, висока температура
Уловлювання CO ₂ (CCS, CCUS)	Зменшення парникових викидів	Висока вартість, потреба у сховищах
Відновлювані джерела енергії	Скорочення споживання викопного палива	Залежність від клімату, великі площі для розміщення

7. Перспективи розвитку екологічних технологій

- Інтеграція цифрових технологій (датчики, автоматичні системи контролю, big data-аналітика);
- Використання наноматеріалів і біокаталізаторів;
- Створення енергоефективних систем очищення;
- Розвиток концепції «Zero Emissions» (нульові викиди);
- Циркулярна економіка — замкнуті цикли використання ресурсів;
- Міжнародна співпраця в сфері зелених інновацій.

8. Висновки

1. Екологічні технології є невід'ємною складовою сталого розвитку суспільства.
2. Кожна технологія має як сильні сторони, так і обмеження, які потрібно враховувати при виборі.
3. Найбільш ефективний шлях — комплексне поєднання різних підходів, що забезпечує баланс між економічною вигодою та екологічною безпекою.
4. Майбутнє — за інноваційними, інтегрованими та енергоощадними системами захисту довкілля.

9. Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які основні типи технологій захисту навколишнього середовища ви знаєте?
2. Які критерії використовуються для оцінки ефективності екологічних технологій?
3. У чому полягають головні переваги біотехнологій очищення?
4. Які недоліки мають фізико-хімічні методи очищення?

ЛЕКЦІЯ №4

Тема: Розробка технологій захисту навколишнього середовища

Мета лекції: Ознайомитися з основними принципами, етапами та напрямками розробки технологій захисту довкілля; розкрити роль інновацій у створенні екологічно безпечних, енергоефективних та економічно доцільних рішень у промисловості, енергетиці та комунальному господарстві.

1. Вступ

Сучасна промисловість є головним джерелом забруднення атмосфери, води, ґрунтів.

У зв'язку з цим перед людством постає стратегічне завдання — зменшення техногенного навантаження на природні екосистеми через упровадження технологій захисту навколишнього середовища (ТЗНС).

Технології захисту довкілля — це системи, процеси та технічні рішення, спрямовані на попередження, зменшення або усунення негативного впливу діяльності людини на природу.

Такі технології розробляються у відповідь на конкретні екологічні виклики: забруднення повітря, води, ґрунтів, накопичення відходів, викиди парникових газів тощо.

Розробка екотехнологій — це міждисциплінарний процес, який об'єднує екологію, хімію, біотехнологію, матеріалознавство, енергетику, економіку та інформаційні технології.

2. Принципи розробки технологій захисту довкілля

1. Превентивність

Технологія має передбачати попередження забруднення, а не лише його ліквідацію. Наприклад, заміна токсичних реагентів на безпечніші.

2. Комплексність

Система має враховувати всі компоненти довкілля — повітря, воду, ґрунт, біоту. Зміна одного процесу не повинна створювати нові джерела забруднення.

3. Безвідходність

Усі побічні продукти процесу повинні бути перероблені або повторно використані. Це основа **циркулярної економіки**.

4. Ресурсо-

та

енергоефективність

Зменшення споживання води, енергії, сировини через оптимізацію технологічних процесів.

5. Екологічна

безпека

Технологія має бути безпечною для працівників і населення, не створювати вторинних шкідливих відходів.

6. Інтеграція

Застосування кількох методів очищення або утилізації для підвищення загальної ефективності системи.

7. Інноваційність

Використання нових матеріалів (наночастинок, сорбентів), автоматизованих систем керування, біотехнологій, цифрового моделювання.

3. Етапи розробки технологій захисту навколишнього середовища

1. Виявлення та аналіз екологічної проблеми

- Ідентифікація джерел забруднення;
- Аналіз складу і концентрації шкідливих речовин;
- Визначення меж впливу на екосистему.

2. Формулювання технічного завдання

○ Яку проблему необхідно вирішити (зменшити викиди, очистити стічні води, утилізувати відходи тощо);

- Який рівень очищення або утилізації є цільовим;
- Які ресурси можна залучити.

3. Вибір технологічного принципу

○ **Фізичні методи:** фільтрація, осадження, відстоювання, центрифугування.

- **Хімічні методи:** нейтралізація, окиснення, каталітичні реакції.

○ **Біологічні методи:** біофільтри, біореактори, біоремедіація, ферментативне очищення.

4. Проектування технологічної схеми

- Побудова блок-схеми процесу;
- Визначення потоків сировини, енергії, реагентів;
- Розрахунок необхідного обладнання.

5. Моделювання та експериментальна перевірка

- Лабораторне тестування ефективності;
- Створення пілотної установки;
- Аналіз результатів і оптимізація параметрів.

6. Економічне та екологічне обґрунтування

○ Розрахунок собівартості;

○ Визначення терміну окупності;

○ Оцінка екологічного ефекту (зниження забруднення, економія ресурсів).

7. Впровадження та моніторинг

- Монтаж і налаштування обладнання;
- Контроль ефективності;
- Внесення коригувань на основі моніторингу.

4. Основні напрями розробки технологій захисту довкілля

4.1. Технології очищення повітря

- Механічні пиловловлювачі (циклон, фільтри, електрофільтри);
- Хімічні системи абсорбції й адсорбції шкідливих газів;
- Каталітичне очищення вихлопів;
- Уловлювання CO₂ (технології CCS, CCUS).

4.2. Технології очищення води

- Фізичні: відстоювання, фільтрація, флотація;
- Біологічні: біофільтри, аеротенки, біоплівкові системи;
- Мембранні методи: нанофільтрація, зворотний осмос;
- Хімічні: коагуляція, окиснення, сорбція.

4.3. Технології очищення ґрунтів

- Біоремедіація (використання мікроорганізмів для розкладання токсикантів);
- Фітодеградація (очищення рослинами);
- Термодеструкція і промивання ґрунтів.

4.4. Технології утилізації відходів

- Механічна переробка (сортування, повторне використання);
- Термічні методи — спалювання, піроліз, газифікація;
- Біотехнологічні — компостування, анаеробне зброджування.

4.5. Енергоефективні технології

- Використання вторинної енергії;
- Системи рекуперації тепла;
- Впровадження відновлюваних джерел енергії (сонце, вітер, біомаса).

5. Інноваційні тенденції у розробці екологічних технологій

- **Наноматеріали** — нові сорбенти, мембрани, каталізатори.
- **Біотехнології** — використання мікроорганізмів, ферментів, водоростей.
- **Цифрові технології** — автоматизований контроль, IoT, штучний інтелект.
- **Циркулярна економіка** — перехід від “виробництва – споживання – відходи” до “ресурс – продукт – повторне використання”.
- **Zero Waste** — концепція мінімізації відходів на всіх стадіях виробництва.

6. Приклади сучасних екотехнологій

- Біогазові установки для виробництва енергії з органічних відходів.
- Мембранні системи для очищення води.
- Каталітичні нейтралізатори вихлопних газів автомобілів.
- Використання мікрководоростей для очищення стічних вод та синтезу біопалива.

- Системи уловлювання CO₂ з димових газів.

7. Висновки

1. Розробка технологій захисту довкілля — це процес, який базується на поєднанні наукових знань, інженерних рішень та економічних розрахунків.
2. Успішна екотехнологія має бути екологічно ефективною, економічно обґрунтованою та соціально прийнятною.
3. Інноваційні рішення, автоматизація та цифровізація відкривають нові можливості для побудови безпечної, ресурсоефективної економіки.

Питання для самоконтролю

1. Які основні етапи розробки технологій захисту довкілля?
2. У чому полягає принцип превентивності в екотехнологіях?
3. Які переваги мають біологічні методи очищення?
4. Що таке циркулярна економіка?
5. Назвіть приклади сучасних інновацій у сфері охорони довкілля.

ЛЕКЦІЯ №5

Тема: «Формування екологічних та технологічних вимог до технологій захисту навколишнього середовища. Технічне завдання»

1. Вступ

Сучасний розвиток промисловості неминуче пов'язаний з впливом на навколишнє середовище. Тому виникає необхідність створення та впровадження **технологій захисту довкілля**, які не лише мінімізують негативний вплив виробництва, але й забезпечують раціональне використання природних ресурсів.

Формування **екологічних та технологічних вимог** є вихідною точкою для розроблення будь-якої природоохоронної технології. Саме на цьому етапі визначаються основні критерії, яким має відповідати технологічне рішення.

Мета лекції:

- розкрити сутність екологічних і технологічних вимог до природоохоронних технологій;
- розглянути порядок формування технічного завдання (ТЗ) на розробку нових технологій;
- навчити оцінювати взаємозв'язок екологічних і технічних показників ефективності.

2. Основні поняття та визначення

- **Екологічна технологія** — сукупність процесів і технічних рішень, спрямованих на запобігання або зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.
- **Екологічні вимоги** — система показників, що характеризують ступінь екологічної безпеки технології.
- **Технологічні вимоги** — параметри, що забезпечують надійність, ефективність і придатність технології до впровадження.
- **Технічне завдання (ТЗ)** — документ, який визначає мету, вимоги, умови та очікувані результати розроблення нової технології.

3. Екологічні вимоги до технологій захисту навколишнього середовища

Екологічні вимоги спрямовані на мінімізацію впливу технологічних процесів на довкілля.

Основні положення:

1. **Принцип запобігання забрудненню** — технології повинні передбачати недопущення утворення шкідливих речовин на ранніх стадіях виробництва.
2. **Принцип "чистих технологій" (Clean technologies)** — заміна небезпечних процесів і матеріалів на безпечні або менш токсичні аналоги.
3. **Рациональне використання природних ресурсів** — максимальне використання вторинної сировини, зниження енергоспоживання.
4. **Безпечність для здоров'я людини та біоти** — відсутність токсичних побічних ефектів.
5. **Можливість рекуперації та утилізації побічних продуктів** — створення замкнених виробничих циклів.

Основні екологічні показники:

- зниження концентрації шкідливих викидів (CO_2 , NO_x , SO_2 тощо);
- зменшення обсягів стічних вод і твердих відходів;
- коефіцієнт використання матеріальних ресурсів;
- рівень екологічної безпеки.

4. Технологічні вимоги до природоохоронних технологій

Ефективна екологічна технологія має не лише знижувати шкідливий вплив, а й бути технічно надійною та економічно доцільною.

Основні технологічні вимоги:

1. **Надійність** — здатність працювати стабільно в заданих умовах без аварій.
2. **Продуктивність** — відповідність обсягів очищення або переробки реальним виробничим потребам.
3. **Енергоефективність** — мінімізація витрат енергії на одиницю очищеної речовини чи відходів.

4. **Автоматизація процесів** — застосування систем моніторингу, контролю та управління технологічними параметрами.

5. **Сумісність із наявним обладнанням** — можливість інтеграції в існуючі технологічні схеми.

6. **Ремонтопридатність і безпечність експлуатації.**

Ключові показники технологічної ефективності:

- питома витрата енергії (кВт·год/м³);
- коефіцієнт очищення (%);
- коефіцієнт утилізації матеріалів;
- собівартість очищення або утилізації (грн/т або грн/м³).

5. Взаємозв'язок екологічних та технологічних вимог

Екологічні та технологічні показники є взаємопов'язаними. Наприклад, підвищення ступеня очищення може призвести до збільшення енергоспоживання, тому необхідно шукати **оптимальний баланс між екологічною ефективністю та економічною доцільністю.**

Приклади узгодження:

- застосування мембранних технологій, які забезпечують високий ступінь очищення при низьких енерговитратах;
- впровадження систем рекуперації тепла;
- використання біотехнологічних методів очищення газів і води.

6. Формування технічного завдання (ТЗ)

Технічне завдання — основний документ, який визначає параметри та вимоги до розроблення екологічної технології.

Структура технічного завдання:

1. Назва розробки

Наприклад: «Розробка системи біофільтрації газових викидів».

2. Мета розробки

Зменшення викидів CO₂ у повітря до нормативного рівня.

3. Підстава для розроблення

Державні екологічні стандарти, накази підприємства, результати досліджень.

4. Характеристика об'єкта впливу

Джерела забруднення, склад і концентрація шкідливих речовин, умови експлуатації.

5. Вимоги до розробки:

- екологічні (ступінь очищення, обсяг відходів);
- технологічні (продуктивність, енергоспоживання, надійність);
- економічні (термін окупності, витрати на обслуговування).

6. Очікувані результати

- зниження обсягів викидів;
- зменшення собівартості очищення;

- покращення екологічних показників підприємства.

7. Контроль виконання

Визначаються методи випробувань, порядок перевірки ефективності, вимоги до звітності.

7. Етапи розроблення технології відповідно до технічного завдання

1. Виявлення екологічної проблеми;
2. Формування вимог (екологічних, технологічних, економічних);
3. Розроблення технічного завдання;
4. Створення технологічної моделі;
5. Експериментальні дослідження;
6. Екологічна експертиза та впровадження.

8. Методи оцінки відповідності технологій вимогам

- **Кількісна оцінка:** рівень очищення, енергоспоживання, витрати матеріалів.
- **Якісна оцінка:** надійність, екологічна безпечність, зручність експлуатації.
- **Інтегральна оцінка:** багатокритеріальні методи (метод балів, вагових коефіцієнтів тощо).

9. Висновки

- Формування екологічних і технологічних вимог — ключовий етап створення будь-якої природоохоронної технології.
- Технічне завдання визначає рамки та критерії ефективності розробки.
- Успішна екологічна технологія — це результат оптимального поєднання екологічної безпеки, технічної надійності та економічної ефективності.

Питання для самоперевірки

1. Які основні екологічні вимоги висуваються до сучасних технологій?
2. Які показники характеризують технологічну ефективність?
3. У чому полягає взаємозв'язок між екологічними та технологічними вимогами?
4. Які основні розділи включає технічне завдання?
5. Чому ТЗ вважається базовим документом для розробки технології?

ЛЕКЦІЯ №6

Тема: «Техніко-економічне обґрунтування та вибір технологій захисту навколишнього середовища»,

1. Вступ

У сучасних умовах господарювання екологічна складова стає визначальним фактором ефективності виробництва. Розробка та впровадження технологій захисту навколишнього середовища вимагає **науково обґрунтованого техніко-економічного аналізу**, який дає змогу оцінити доцільність та ефективність обраних рішень.

Мета лекції:

- Ознайомитися з основами техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) екологічних технологій;
- розкрити методiku порівняння альтернативних рішень;
- навчити оцінювати економічну ефективність природоохоронних заходів.

2. Поняття техніко-економічного обґрунтування

Техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) — це комплексний аналітичний документ, який визначає **доцільність, ефективність і перспективність** реалізації певного технічного рішення або технології.

Основні завдання ТЕО:

1. Визначення мети розробки.
2. Аналіз наявних технологічних рішень.
3. Оцінка екологічних, технологічних та економічних показників.
4. Вибір оптимальної технології на основі багатокритеріального аналізу.

3. Основні принципи техніко-економічного обґрунтування екологічних технологій

1. **Комплексність** — оцінюються технічні, екологічні, економічні та соціальні аспекти.
2. **Альтернативність** — розгляд кількох можливих технологічних рішень.
3. **Екологічна орієнтація** — пріоритет надається рішенням, які мінімізують вплив на довкілля.
4. **Економічна доцільність** — забезпечення окупності та прибутковості впровадження.
5. **Наукова обґрунтованість** — використання даних експериментів, нормативів і стандартів.

4. Основні показники техніко-економічного аналізу

4.1. Технічні показники

- Продуктивність системи (м³/год, т/рік).
- Ступінь очищення (%) або ефективність вилучення забруднювача.
- Енерговитрати на одиницю обробки (кВт·год/м³).
- Надійність і довговічність обладнання.

4.2. Економічні показники

- **Капітальні витрати (K)** — вартість будівництва, обладнання, монтажу.
- **Експлуатаційні витрати (E)** — витрати на обслуговування, енергію, персонал.
- **Собівартість очищення (C)** — витрати на очищення 1 м³ стоків або 1 т відходів.
- **Період окупності (Ток)** — термін, за який витрати на проект компенсуються економічним ефектом.
- **Чистий приведений дохід (NPV)** — різниця між дисконтованими доходами та витратами.
- **Індекс рентабельності (PI)** — відношення NPV до інвестицій.

5. Екологічна ефективність технологій

Показники екологічної ефективності:

- скорочення обсягів викидів (ΔC , %);
- зменшення кількості відходів;
- рівень повторного використання ресурсів;
- зниження ризику забруднення довкілля;
- покращення показників якості повітря, води, ґрунтів.

Інтегральний показник екологічної ефективності (Ееф):

6. Вибір оптимальної технології захисту навколишнього середовища

Вибір виконується за системою критеріїв:

Група критеріїв	Приклади
Технічні	Продуктивність, надійність, автоматизація
Екологічні	Ступінь очищення, рівень утилізації
Економічні	Витрати, окупність, ефективність
Соціальні	Безпечність для населення, створення робочих місць

Методи вибору технологій:

1. **Експертно-бальний метод** (оцінка за шкалою).
2. **Метод зважених коефіцієнтів.**
3. **Економіко-математичне моделювання.**
4. **SWOT-аналіз** (визначення сильних і слабких сторін технологій).

7. Етапи підготовки техніко-економічного обґрунтування

1. Збір вихідних даних.
2. Визначення технічних параметрів і умов роботи.
3. Порівняльний аналіз варіантів технологій.
4. Розрахунок витрат і економічного ефекту.
5. Вибір оптимального варіанта.
6. Підготовка звіту (ТЕО) та узгодження з екологічними службами.

8. Висновки

- ТЕО — це ключовий етап при впровадженні екологічних технологій.
- Воно поєднує технічний, екологічний та економічний аналіз.
- Найкраща технологія — це компроміс між ефективністю очищення, витратами та стабільністю результатів.
- Рішення мають ґрунтуватися на науково підтверджених даних і державних екологічних стандартах.

ЛЕКЦІЯ №7

Тема: «Технологічне проектування систем очищення газових викидів та обладнання для їх функціонування»

1. Вступ

Проблема забруднення атмосферного повітря є однією з найгостріших екологічних проблем сучасності. Основними джерелами забруднення є промислові підприємства, енергетичні установки та транспорт, які викидають у повітря газоподібні та тверді шкідливі речовини. Для мінімізації негативного впливу на довкілля застосовуються системи очищення газових викидів, які потребують грамотного технологічного проектування.

Мета лекції:

- сформулювати знання про принципи проектування систем очищення газів;
- ознайомити студентів із видами технологій і типами обладнання;
- розглянути критерії вибору й оцінки ефективності роботи установок.

2. Джерела та характеристики газових викидів

2.1. Основні джерела викидів:

- **Енергетика:** котельні, ТЕЦ, спалювання палива;
- **Металургія:** доменні, мартенівські, сталеплавильні процеси;
- **Хімічна промисловість:** виробництво кислот, аміаку, полімерів;
- **Будівельні підприємства:** цементні заводи, асфальтобетонні установки;
- **Транспорт:** двигуни внутрішнього згорання.

2.2. Типові забруднювачі:

- Тверді частинки (пил, зола, сажа);
- Газоподібні сполуки: CO, CO₂, SO₂, NO_x, HF, HCl;
- Органічні речовини: вуглеводні, леткі органічні сполуки (ЛОС);
- Токсичні метали: свинець, кадмій, ртуть.

2.3. Класифікація викидів:

- За агрегатним станом (тверді, рідкі, газоподібні);
- За джерелом (технологічні, вентиляційні, аварійні);
- За ступенем небезпеки (токсичні, шкідливі, умовно безпечні).

3. Принципи технологічного проектування систем очищення

1. **Комплексність підходу:** очищення має розглядатися як частина загальної технологічної схеми виробництва.

2. **Оптимізація параметрів:** забезпечення максимальної ефективності при мінімальних енерговитратах.

3. **Безперервність роботи:** очищення має бути ефективним у всіх режимах функціонування.

4. **Адаптивність:** можливість роботи при зміні складу і температури газів.

5. **Відповідність нормам:** проектування повинно враховувати екологічне законодавство (ГДК, ГДВ).

4. Методи очищення газових викидів

4.1. Механічні методи

Основа на відділенні частинок пилу під дією **гравітаційних, відцентрових або інерційних сил.**

Приклади обладнання:

- пиловловлювачі гравітаційні;
- **циклонні апарати (ЦН-15, ЦН-24);**
- інерційні сепаратори.

Ефективність: 50–95 %.

4.2. Вологі методи (скрубери)

Видалення домішок із газів за допомогою **контакту з рідиною** (водою або розчинами).

Типи скруберів:

- барботажні;
- плівкові;
- ежекційні;
- Вентурі-скрубери.

Переваги: висока ефективність, охолодження газу.

Недоліки: утворення стічних вод, потреба в насосах.

4.3. Електрофізичні методи

Використання електричного поля для осадження твердих частинок.

Обладнання: електрофільтри (трубчасті, пластинчасті).

Ефективність: до 99,9 %.

Переваги: очищення дрібнодисперсного пилу.

Недоліки: висока вартість, потреба у стабільній напрузі.

4.4. Абсорбційні методи

Поглинання газоподібних забруднень рідиною (абсорбентом).

Приклади процесів:

- видалення SO_2 розчинами лугу;
- очищення газів від NH_3 водою.

Ефективність: 85–99 %.

4.5. Адсорбційні методи

Поглинання газів твердими сорбентами — активованим вугіллям, силікагелем, цеолітами. Застосовуються для вилучення летких органічних речовин (ЛОС).

Переваги: можливість регенерації сорбентів.

4.6. Каталітичні методи

Знезараження або окиснення шкідливих газів у присутності каталізатора (платина, оксиди металів).

Приклад: розклад CO або NO_x у вихлопах.

Ефективність: понад 95 %.

4.7. Термічні методи

Знищення домішок шляхом спалювання при температурі 800–1200 °С.

Переваги: універсальність, повне знешкодження.

Недоліки: високі енерговитрати.

5. Основне обладнання систем очищення

1. Газозбірники — збір та транспорт газів.
2. Пиловловлювачі — первинне очищення.
3. Фільтри (тканинні, картриджні, керамічні) — тонке очищення.
4. Скрубери, абсорбери, адсорбери — видалення газових домішок.
5. Каталітичні реактори — хімічне знезараження.
6. Вентилятори та компресори — забезпечення руху газів.
7. Системи автоматичного контролю — моніторинг параметрів.

6. Вибір технології та обладнання

Основні критерії:

- тип забруднень і концентрація;
- розмір частинок пилу;
- температура і вологість газів;
- допустимі експлуатаційні витрати;
- вимоги до ступеня очищення.

Приклади вибору:

Характеристика газу	Рекомендована технологія
Грубий пил (>10 мкм)	Циклон, інерційний сепаратор
Дрібний пил (<5 мкм)	Електрофільтр, рукавний фільтр
Газоподібні сполуки	Абсорбер, адсорбер
Органічні пари	Каталітичне або термічне окиснення

7. Сучасні приклади обладнання

Тип обладнання	Призначення	Ефективність
Циклон ЦН-15	Грубе очищення пилу	85–90 %
Скрубер Вентурі	Дрібнодисперсний пил	95–99 %
Електрофільтр ЕГА	Димові гази ТЕЦ	99,9 %
Рукавний фільтр	Тонке очищення	98–99 %
Каталітичний реактор SCR	Зниження NO _x	90–95 %

9. Вимоги до експлуатації

- Регулярне очищення та регенерація фільтрів.
- Перевірка герметичності систем.
- Моніторинг параметрів: температура, тиск, склад газу.
- Дотримання правил техніки безпеки.
- Проведення профілактичних оглядів.

10. Висновки

1. Ефективне очищення газових викидів — важливий етап екологізації виробництва.
2. Вибір технології залежить від типу забруднень, обсягу викидів та економічних можливостей підприємства.
3. Комплексний підхід до проектування дозволяє досягти високої ефективності та надійності систем.
4. Сучасні установки забезпечують зниження шкідливих речовин у викидах до нормативних рівнів.

ЛЕКЦІЯ №8

Тема: «Вибір та розрахунок обладнання по видаленню вловлених продуктів у системах очищення газів»

1. Вступ

Очищення промислових газів — один із ключових етапів екологізації виробництва. Після проходження газів через пиловловлювальне або газоочисне обладнання (фільтри, циклони, скрубери тощо) утворюються **вловлені продукти** — тверді або рідкі відходи.

До таких продуктів належать:

- пил, зола, шлак,
- шлами, суспензії,
- конденсати та розчини домішок.

Їхнє **ефективне видалення та утилізація** є необхідною умовою безпечної експлуатації систем очищення, зменшення вторинного забруднення і забезпечення сталого функціонування промислових підприємств.

Мета лекції:

- Ознайомитися із принципами вибору, розрахунку та експлуатації обладнання, призначеного для видалення, транспортування, зберігання й утилізації вловлених продуктів із систем очищення газів.
- Розглянути основні види такого обладнання та критерії його вибору;
- Вивчити методики розрахунку параметрів роботи систем видалення;
- Сформулювати уявлення про екологічну безпеку процесу поводження з уловленими речовинами.

2. Етапи процесу очищення газів

1. **Уловлення домішок** — осадження частинок із газового потоку (механічне, електростатичне, хімічне).
2. **Видалення уловлених продуктів** — очищення фільтруючих поверхонь, видалення пилу або шламу.
3. **Транспортування відходів** до місця збору або утилізації.
4. **Зберігання, знешкодження або повторне використання** отриманих продуктів.

3. Характеристика вловлених продуктів

- Тверді частинки (пил, зола, шлак): мають абразивні властивості, потребують герметичного видалення.
- Рідкі шлами та суспензії: утворюються при мокрому очищенні газів; часто містять токсичні домішки.
- Конденсати: рідкі продукти, що містять розчинені гази чи кислоти.

Основні властивості, що впливають на вибір обладнання:

- щільність,
- вологість,
- в'язкість,
- абразивність,
- токсичність,
- температура.

Перед вибором обладнання потрібно знати **фізико-хімічні властивості** речовин:

Параметр	Характеристика
Агрегатний стан	твердий, рідкий або змішаний
Щільність	визначає необхідну енергію транспортування
Вологість	впливає на вибір між сухим або мокрим видаленням
Абразивність	визначає матеріал обладнання
Токсичність	вимагає герметизації систем
Температура	впливає на тип транспортування

4. Основні типи систем видалення вловлених продуктів

Класифікація обладнання для видалення вловлених продуктів

Тип обладнання	Призначення	Приклади
Пневмотранспортні системи	Переміщення сухого пилу або золи потоком повітря	Пневмоконвеєри, вакуумні транспортні лінії
Гідротранспортні системи	Транспортування шламів або вологих матеріалів водним потоком	Шламопроводи, гідроелеватори
Механічні транспортери	Переміщення сипких або пастоподібних продуктів	Шнекові, стрічкові, ковшові транспортери
Шламонасоси	Перекачування рідких або в'язких сумішей	Відцентрові, шестеренні, мембранні насоси
Фільтри та осушувачі	Зневоднення шламів перед утилізацією	Вакуум-фільтри, центрифуги
Бункери та силоси	Тимчасове зберігання пилу або золи	Металеві герметичні ємності
Установки утилізації	Використання вловлених речовин як вторинної сировини	Брикети, цементна добавка, каталізаторна маса

4.1. Пневмотранспортні системи

Призначені для **сухих пилоподібних речовин** (зола, цементний пил).
Переваги: герметичність, гнучкість траси, автоматизація.
Недоліки: високе енергоспоживання, шум, абразивний знос.

Основні елементи: повітродувка, трубопроводи, циклон-відокремлювач, бункери.

4.2. Гідротранспортні системи

Використовуються для **шламів, пастоподібних та вологих матеріалів**.
Матеріал переміщується за допомогою водного потоку трубопроводами.

Переваги: простота конструкції, охолодження продуктів, зменшення запиленості.

Недоліки: велика кількість води, необхідність зневоднення.

4.3. Механічні транспортери

Застосовуються для коротких відстаней переміщення сипких матеріалів (до 30–40 м).

Основні типи:

- **Шнекові (гвинтові)** — транспортування сухих або вологих пилів;
- **Стрічкові** — для сипких речовин без високої вологості;
- **Ковшові елеватори** — підйом матеріалу на висоту.

4.4. Шламонасоси

Призначені для перекачування в'язких або рідких шламів.
Види: відцентрові, шестеренні, мембранні, пневматичні.

Основні параметри розрахунку — подача (Q) (м³/год) і напір (H) (м).

4.5. Бункери, силоси та ємності

Використовуються для **тимчасового зберігання пилу, шламу або золи** перед транспортуванням чи утилізацією.

5. Критерії вибору обладнання

1. Тип вловленого продукту (твердий, рідкий, змішаний).
2. Кількість відходів і режим роботи системи.
3. Вологість та температура середовища.
4. Необхідна герметичність та вибухозахист.
5. Відстань транспортування.
6. Умови експлуатації (зовнішні або внутрішні).
7. Енергетична ефективність.
8. Можливість повторного використання речовин.

6. Приклади сучасного обладнання

Назва обладнання	Тип системи	Призначення	Ефективність
Циклон з пневмотранспортом	Пневматична	Зола, пил	95–98 %
Центрифуга	Механічна	Зневоднення шламів	95 %
Вакуумний збірник	Пневматична	Дрібнодисперсний пил	99 %
Шнековий транспортер	Механічна	Пил, шлак	90–95 %
Шламонасос	Гідравлічна	Шлами, суспензії	90–95 %

7. Утилізація вловлених продуктів

1. Повторне використання:

- зола — як добавка до цементу;
- пил — як вторинна сировина для металургії.

2. Переробка:

- рекуперація металів;
- грануляція або брикетування.

3. Знешкодження:

- нейтралізація кислот;
- твердіння шламів цементом;
- спалювання органічних залишків.

8. Екологічні та безпекові вимоги

- Герметичність усіх елементів системи.
- Запобігання вторинному пиловиділенню.
- Використання вибухозахищеного обладнання для пневмотранспорту.
- Наявність аспіраційних систем у місцях розвантаження.
- Обов'язкове використання засобів індивідуального захисту персоналом.
- Дотримання державних санітарних норм при поводженні з токсичними шлами.

9. Енергетична ефективність систем

Важливо не лише забезпечити очищення, а й мінімізувати енергоспоживання. Оптимізація досягається за рахунок:

- вибору правильного діаметра трубопроводів;
- застосування частотного регулювання вентиляторів;
- рекуперації тепла гарячих газів;
- повторного використання транспортного середовища.

10. Висновки

- Системи видалення вловлених продуктів є невід'ємною частиною промислових установок очищення газів.
- Вибір обладнання залежить від фізико-хімічних властивостей речовин, умов експлуатації та обсягів утворення відходів.
- Технічний розрахунок забезпечує оптимальну продуктивність і безпечність роботи системи.
- Раціональне поводження з уловленими продуктами зменшує техногенне навантаження на довкілля.

ЛЕКЦІЯ №9

Тема: Аеродинамічний розрахунок газового тракту. Підбір тягодуттєвого обладнання

Мета лекції: Ознайомитися із принципами аеродинамічного розрахунку газоходів систем очищення газів, втратами тиску у вентиляційних і газових трасах, а також методами вибору тягодуттєвого обладнання (вентиляторів, димососів).

1. Вступ

У сучасних системах очищення промислових газів важливу роль відіграє правильна організація руху газових потоків. Від ефективності аеродинамічної схеми газоходу залежить не лише стабільність роботи очисного обладнання, а й енергоспоживання всієї системи. Основним етапом проектування газових трактів є аеродинамічний розрахунок, який дозволяє визначити втрати тиску, необхідний напір і підібрати відповідне тягодуттєве обладнання.

2. Загальні відомості про газові тракти

Газовий тракт — це сукупність трубопроводів і апаратів, через які переміщуються гази від джерела утворення до очисних пристроїв і димової труби.

Основні елементи газового тракту:

- **Газоходи** — прямолінійні ділянки трубопроводів;
- **Коліна та переходи** — змінюють напрямок потоку;
- **Засувки, клапани, дроселі** — регулюють подачу газу;
- **Очистні апарати** — циклони, фільтри, скрубери;
- **Димососи або вентилятори** — забезпечують рух потоку.

Типи систем за схемою руху газів:

1. **Всмоктувальні системи** — димосос встановлено після очисного обладнання; створює розрідження.
2. **Нагнітальні системи** — вентилятор подає гази до очисних апаратів під тиском.
3. **Комбіновані** — поєднують обидві схеми для складних систем.

3. Основи аеродинамічного розрахунку

Мета розрахунку: визначення повних втрат тиску в системі, необхідних для забезпечення заданої витрати газу.

Втрати тиску складаються з:

1. **Лінійних втрат:**

$$\Delta p_{\text{лп } i} = \lambda_i \times \frac{l_i}{d_{ei}} \times \rho_{gi} \times \frac{w_i^2}{2}.$$

де (l) — довжина ділянки, (d) — діаметр, (λ) — коефіцієнт тертя.

2. **Місцевих втрат:**

$$\Delta p_{\text{мі}} = \zeta_i \times \rho_{gi} \times \frac{v_i^2}{2},$$

де (ζ) — коефіцієнт місцевого опору (для колін, клапанів тощо).

Рекомендовані швидкості газу:

- пилогазові тракти — 20–25 м/с;
- після очищення — 6–18 м/с;
- у димових трубах — 10–20 м/с.

4. Розрахунок газоходу (послідовність)

1. Розділити систему на ділянки однакового перерізу.
2. Для кожної ділянки визначити:
 - довжину (L);
 - діаметр (D);
 - швидкість (v);
 - коефіцієнт тертя (λ) (за таблицями);
 - коефіцієнти місцевих втрат (ξ).
3. Розрахувати втрати тиску (h_f) і (h_m).
4. Підсумувати втрати по всіх ділянках

5. Підбір тягодуттєвого обладнання

Основні типи обладнання

Тип обладнання	Призначення	Основні особливості
Вентилятори радіальні	Подача газів під тиском	Високий тиск, компактність
Вентилятори осьові	Великі об'єми газів при малому тиску	Простота конструкції
Димососи	Створення розрідження після котлів і фільтрів	Робота з гарячими газами
Ежектори	Переміщення газів за рахунок енергії струменя	Без рухомих частин

6. Основні параметри підбору обладнання

1. **Продуктивність (Q):** об'ємна витрата газу, м³/год.
2. **Повний тиск (Δp):** сума втрат тиску в системі.
3. **Коефіцієнт корисної дії (η):** залежить від типу вентилятора.
4. **Температурна корекція**

7. Робоча точка системи

Робоча точка визначається **на перетині** характеристики вентилятора та характеристики системи (залежності тиску від витрати). У цій точці вентилятор працює з оптимальним ККД і забезпечує потрібну подачу газу.

8. Корекція результатів

Під час експлуатації системи параметри можуть змінюватися через:

- зміну температури газів;
- забруднення трубопроводів;
- зміну опору очисних апаратів.

Тому періодично виконується контрольний аеродинамічний розрахунок.

9. Висновки

1. Аеродинамічний розрахунок дозволяє визначити оптимальні параметри газоходів.
2. Підбір тягодуттєвого обладнання здійснюється на основі сумарних втрат тиску та необхідної витрати газу.
3. Раціональний вибір вентиляторів або димососів забезпечує економію енергії та стабільну роботу очисних систем.
4. Розрахунки повинні коригуватись з урахуванням температури, густини газів і фактичного стану обладнання.

ЛЕКЦІЯ №10

Тема: Технологічне проєктування систем очистки виробничих стічних вод та споруд для їх функціонування

1. Вступ

Виробничі стічні води є одним із головних джерел антропогенного забруднення довкілля. Їхня кількість і склад залежать від виду промислового виробництва, технологічних процесів і застосовуваної сировини. Виробничі стічні води, що утворюються у технологічних процесах, часто містять широкий спектр забруднень — від механічних частинок до токсичних органічних та неорганічних сполук. Мета технологічного проєктування систем очистки стічних вод —

створення ефективних, надійних і економічно доцільних споруд, які забезпечують досягнення нормативів якості води перед її скиданням у водні об'єкти або повторним використанням у виробництві.

2. Характеристика виробничих стічних вод

2.1. Джерела утворення

- Технологічні процеси (миття, травлення, охолодження, промивання деталей);
- Допоміжні процеси (миття обладнання, підлоги, тари);
- Аварійні скиди при порушенні роботи технологічного обладнання.

2.2. Основні типи забруднень

1. **Механічні** — завислі частинки, шлам, волокна.
2. **Органічні** — нафтопродукти, барвники, жири, білки.
3. **Неорганічні** — кислоти, луги, солі металів.
4. **Специфічні токсиканти** — феноли, ціаніди, важкі метали.

2.3. Класифікація за ступенем забруднення

- **Слабо забруднені** — незначна кількість завислих речовин;
- **Середньо забруднені** — потребують комбінованої очистки;
- **Сильно забруднені** — необхідне багатоступеневе очищення.

3. Основні принципи технологічного проєктування систем очищення

1. **Комплексність підходу** — врахування всіх джерел забруднень і видів стоків.
2. **Багатоступеневість** — послідовне застосування механічних, фізико-хімічних, біологічних та доочисних методів.
3. **Гнучкість технологічної схеми** — можливість регулювання параметрів очищення залежно від режиму роботи виробництва.
4. **Економічність і енергоефективність** — мінімізація споживання електроенергії, реагентів і води.
5. **Автоматизація процесів** — використання систем контролю якості очищення та керування технологією.
6. **Екологічна безпечність** — виключення вторинного забруднення довкілля.

4. Основні стадії очищення виробничих стічних вод

4.1. Механічне очищення

Призначення — видалення нерозчинних та грубодисперсних домішок.

Методи та обладнання:

- решітки, сита — для затримання великих домішок;
- пісколовки — для осадження мінеральних частинок;
- відстійники — горизонтальні, вертикальні, радіальні;
- нафтовідділювачі — для вилучення нафтопродуктів і жирів.

4.2. Фізико-хімічне очищення

Застосовується для видалення дрібнодисперсних та розчинених речовин.

Основні методи:

- **Коагуляція** — об'єднання дрібних частинок у великі за допомогою реагентів;
- **Флотація** — видалення домішок шляхом спливання з повітряними бульбашками;
- **Адсорбція** — поглинання забруднень твердими сорбентами (активоване вугілля);
- **Іонний обмін** — очищення від важких металів та солей;
- **Електрохімічні методи** — електрокоагуляція, електроліз.

4.3. Біологічне очищення

Видалення органічних речовин за допомогою мікроорганізмів, які окиснюють забруднення до безпечних сполук (CO_2 , H_2O , NO_3^-).

Типові споруди:

- аеротенки;
- біофільтри;
- біоставки;
- мулові майданчики.

Основні параметри:

- вміст розчиненого кисню (2–4 мг/л);
- концентрація активного мулу;
- тривалість контакту з мікрофлорою.

4.4. Доочищення та знезараження

Потрібне для доведення показників якості до нормативних значень.

Методи:

- фільтрація через пісок, вугілля або мембрани;
- ультрафіолетове знезараження;
- хлорування;
- озонування;
- мембранні технології (зворотний осмос, нанофільтрація).

5. Основні етапи технологічного проєктування систем

1. **Збір вихідних даних** — кількість, склад і режим скидання стічних вод.
2. **Вибір технологічної схеми очищення** відповідно до типу забруднень.
3. **Гідравлічні розрахунки** — визначення об'єму, швидкості потоку, часу відстоювання.
4. **Підбір обладнання** — продуктивність, енергоємність, матеріал.
5. **Конструктивне проєктування споруд** — компонування очисних об'єктів, трубопроводів, насосних станцій.
6. **Оцінка економічної ефективності** — розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат.
7. **Екологічна оцінка** — визначення впливу споруд на довкілля.

6. Автоматизація систем очищення

Впровадження систем контролю дає змогу:

- регулювати подачу реагентів;
- контролювати параметри води (рН, БСК, ХСК, мутність);
- сигналізувати про відхилення режимів;
- забезпечувати дистанційне управління насосами та змішувачами.

Засоби автоматизації: датчики рівня, витрати, рН-метри, контролери PLC, SCADA-системи.

7. Економічна та енергетична ефективність

Рациональне проектування передбачає:

- використання енергоощадних насосів, компресорів, аераторів;
- впровадження рециркуляції води;
- утилізацію осадів (як добрив або палива);
- зниження витрат реагентів.

8. Вимоги до очисних споруд

- Технологічна надійність;
- Корозійна стійкість матеріалів;
- Зручність експлуатації;
- Можливість регулювання режимів;
- Безпека для персоналу;
- Мінімізація негативного впливу на довкілля.

9. Висновки

1. Ефективність системи очищення визначається правильним вибором технологічної схеми.

2. Комбінація механічних, фізико-хімічних і біологічних методів забезпечує комплексне видалення забруднень.

3. Проектування має враховувати не лише технічні, а й економічні та екологічні аспекти.

4. Сучасні системи повинні бути автоматизованими, енергоощадними та придатними для повторного використання очищеної води.

ЛЕКЦІЯ №11

Тема: Вибір та проєктування допоміжного обладнання систем очищення виробничих стічних вод

1. Вступ

Системи очищення виробничих стічних вод складаються не лише з основних споруд (відстійників, біореакторів, фільтрів тощо), а й з **допоміжного обладнання**, яке забезпечує їх ефективне функціонування. Саме допоміжне обладнання — насоси, компресори, дозатори, змішувачі, аератори, трубопроводи — гарантує стабільність технологічних процесів, енергоефективність і надійність роботи очисних споруд.

Мета лекції: ознайомитися з видами, принципами вибору, конструктивними особливостями та критеріями проєктування допоміжного обладнання у системах очищення виробничих стічних вод.

2. Роль допоміжного обладнання в системах очищення

Допоміжне обладнання:

- забезпечує **переміщення, змішування, аерацію, дозування, транспортування осаду;**
- підтримує необхідні **гідродинамічні, кисневі та температурні режими;**
- сприяє **стабільності процесів очищення** навіть при змінних навантаженнях;
- зменшує участь оператора, сприяє **автоматизації системи.**

Таким чином, допоміжне обладнання є **інтегральною частиною технологічної схеми** і має проєктуватись одночасно з основними спорудами.

3. Класифікація допоміжного обладнання

3.1. За функціональним призначенням:

1. **Для транспортування стічних вод:** насоси, трубопроводи, клапани, засувки.
2. **Для підготовки та подачі реагентів:** ємності для приготування розчинів, дозатори, змішувачі.
3. **Для аерації та перемішування:** компресори, аератори, турбінні мішалки.
4. **Для контролю та регулювання:** датчики витрати, рівня, тиску, рН, контролери.
5. **Для видалення осадів:** центрифуги, фільтр-преси, шнекові установки, вакуум-фільтри.
6. **Для знезараження:** установки хлорування, озонування, ультрафіолетові системи.

3.2. За ступенем участі в технологічному процесі:

- **Безпосередньо технологічне обладнання** (змішувачі, дозатори, аератори);
- **Обслуговуюче обладнання** (насоси, транспортери, системи контролю).

4. Насосне обладнання

4.1. Призначення

Насоси використовуються для транспортування стічних вод, осадів, реагентів між різними спорудами. Вибір типу насоса визначається:

- обсягом рідини,
- перепадом висот (напором),
- агресивністю середовища,
- наявністю зважених частинок.

4.2. Типи насосів:

- **Центробіжні** — для чистих і слабозабруднених вод;
- **Вихрові** — для агресивних і газонасичених рідин;
- **Мембранні** — для дозування реагентів;
- **Шнекові** — для перекачування в'язких і осаджених мас.

4.3. Основні параметри вибору:

- Продуктивність (Q , м³/год);
- Напір (H , м);
- ККД;
- Матеріал корпусу (сталь, полімери);
- Споживана потужність (W).

5. Змішувачі та дозувальні системи

5.1. Призначення

Змішувачі — для рівномірного введення реагентів у воду (коагулянтів, флокулянтів, нейтралізаторів). Дозатори — для точного регулювання кількості реагентів.

5.2. Типи змішувачів:

- **Гідравлічні** — перемішування за рахунок турбулентності потоку;
- **Механічні** — за допомогою лопатевих або турбінних мішалок;
- **Статичні** — стаціонарні елементи в трубопроводі.

5.3. Параметри вибору:

- Інтенсивність змішування (градієнт швидкості $G = 300\text{--}1000\text{ с}^{-1}$);
- Час змішування (5–30 с);
- Об'єм камери;
- Матеріал (корозійностійкі полімери або сталь).

6. Обладнання для аерації

6.1. Призначення

Аераційні системи забезпечують подачу кисню до біореакторів, підтримують активність мікроорганізмів і перемішують мулову суміш.

6.2. Типи систем аерації:

- **Повітродувки** — компресори для подачі повітря;
- **Дифузори** — дрібно- або середньопухирчасті;
- **Механічні аератори** — поверхневі або занурені.

6.3. Критерії вибору:

- Необхідна витрата повітря ($\text{м}^3/\text{год}$);
- Коефіцієнт насичення киснем;
- Глибина занурення;
- Енергоефективність системи.

7. Обладнання для обробки осадів

7.1. Призначення

Після процесів відстоювання та біологічного очищення утворюються осади, які потребують видалення і зневоднення.

7.2. Основні типи обладнання:

- **Осадонакопичувачі** — для тимчасового зберігання;
- **Шнекові преси** — для попереднього зневоднення;
- **Центрифуги** — швидке відокремлення твердої фази;
- **Фільтр-преси** — глибоке зневоднення мулу.

7.3. Параметри вибору:

- Вологість осаду;
- Обсяг утворення ($\text{м}^3/\text{добу}$);
- Концентрація твердих речовин;
- Питомі енерговитрати.

8. Автоматизація та системи контролю

Сучасні очисні споруди оснащуються системами автоматизації, які забезпечують:

- контроль рівня, тиску, рН, температури;
- автоматичне дозування реагентів;
- дистанційне керування насосами та компресорами;
- сигналізацію аварійних ситуацій.

Засоби контролю:

- PLC-контролери;
- датчики рН, ОРР, рівня, витрати;
- SCADA-системи для моніторингу.

Переваги автоматизації:

- Зменшення участі персоналу;

- Економія ресурсів;
- Стабільна якість очищення.

9. Принципи розміщення допоміжного обладнання

- Обладнання розміщується по ходу потоку води;
- Враховується зручність обслуговування і ремонтпридатність;
- Забезпечується вентиляція, шумозахист і антикорозійне покриття;
- Усі насоси й компресори повинні мати резервні одиниці.

10. Основні вимоги до експлуатації

1. Регулярне технічне обслуговування;
2. Очищення трубопроводів і фільтрів;
3. Перевірка калібрування дозаторів;
4. Заміна зношених деталей;
5. Контроль параметрів системи у реальному часі.

11. Висновки

1. Допоміжне обладнання є критично важливим для стабільної роботи систем очищення.
2. Його правильний вибір і розрахунок визначають енергоефективність і надійність споруд.
3. Сучасні очисні системи мають бути максимально автоматизованими.
4. Комплексний підхід до проєктування дає змогу забезпечити екологічну безпеку підприємства.

ЛЕКЦІЯ №12

Тема: Проєктування технологій оброблення та утилізації відходів виробництва

Мета лекції: Ознайомитися із принципами, методами та етапами проєктування технологій оброблення, перероблення й утилізації твердих промислових відходів; розвинути розуміння екологічних, технічних та економічних аспектів поводження з відходами.

1. Вступ

Проблема утилізації твердих промислових відходів є однією з найактуальніших у сучасному світі. Інтенсивний розвиток промисловості супроводжується накопиченням значних обсягів шлаків, шламів, пилу, зол, відходів перероблення металів, деревини, пластмас, хімічних продуктів тощо. Більшість із них мають потенціал для повторного використання, але за відсутності

ефективних технологій вони часто потрапляють на полігони, забруднюючи навколишнє середовище.

2. Поняття, мета та завдання проєктування

Проектування технологій утилізації відходів — це процес створення системи технологічних, технічних та організаційних рішень, спрямованих на ефективне оброблення, знешкодження та повторне використання твердих відходів.

Мета проєктування:

- мінімізація негативного впливу відходів на довкілля;
- максимальне використання вторинних матеріальних ресурсів;
- зменшення обсягів захоронення;
- економія природних ресурсів.

Основні завдання:

1. Дослідження складу, властивостей і кількості відходів.
2. Визначення можливих напрямів утилізації або знешкодження.
3. Розроблення технологічних схем і підбір обладнання.
4. Оцінка екологічних і економічних показників проєкту.

3. Класифікація твердих промислових відходів

Тверді відходи поділяються за такими ознаками:

1. За походженням:

- металургійні (шлаки, пил, шлами),
- хімічні (каталізатори, осади),
- будівельні (бетон, цегла, скло),
- енергетичні (зола, шлаки ТЕС),
- харчові (органічні залишки),
- машинобудівні (стружка, відрізки металу).

2. За ступенем небезпеки:

- інертні (малонебезпечні),
- токсичні (вміст важких металів, хімічних реагентів),
- радіоактивні.

3. За можливістю утилізації:

- придатні для повторного використання,
- потребують спеціального знешкодження.

4. Основні принципи проектування технологій оброблення твердих відходів

1. Комплексність використання сировини — мінімізація невикористаних залишків.
2. Впровадження безвідходних технологій.
3. Енергетична та матеріальна ефективність.
4. Екологічна безпечність.
5. Економічна доцільність і життєвий цикл технології.

5. Етапи проєктування технологій оброблення твердих відходів

1. **Збір вихідних даних:**
 - обсяг утворення відходів;
 - фізико-хімічні властивості (вологість, гранулометрія, склад);
 - токсичність.
2. **Аналіз і класифікація відходів.** Проводиться визначення потенційної можливості їх перероблення чи утилізації.
3. **Вибір напрямку оброблення:**
 - **механічне:** дроблення, подрібнення, сортування, пресування;
 - **термічне:** спалювання, піроліз, плазмова обробка;
 - **хімічне:** нейтралізація, вилуговування, цементация;
 - **біотехнологічне:** ферментація, компостування.
4. **Розроблення технологічної схеми:**
 - вибір основного технологічного обладнання;
 - визначення послідовності процесів;
 - узгодження потоків речовин та енергії.
5. **Проектування допоміжних систем:**
 - аспірація, вентиляція, газоочистка, очищення стічних вод.
6. **Розрахунок техніко-економічних показників.**
7. **Екологічна оцінка проєкту:**
 - оцінка викидів, стічних вод, шуму, теплового впливу;
 - порівняння з нормативами екологічної безпеки.

6. Основні методи утилізації твердих відходів

Метод	Характеристика	Приклади застосування
Механічний	Зменшення розмірів, сортування, ущільнення	Металобрухт, будівельні матеріали
Термічний	Знешкодження при високих температурах	Піроліз полімерів, спалювання відходів
Хімічний	Нейтралізація токсичних сполук	Кислотні шлами, гальванічні осадки
Біотехнологічний	Розкладання органічної речовини мікроорганізмами	Харчові та сільськогосподарські відходи
Комплексний	Поєднання кількох методів для різних фракцій	Побутово-промислові суміші

7. Вибір обладнання для оброблення та утилізації

Основне обладнання:

- дробарки, подрібнювачі, млини;
- сортувальні барабани, сепаратори;

- преси, гранулятори, брикетувальні машини;
- піролізні, плазмові, спалювальні установки;
- фільтри, циклонні апарати, газоочисні системи.

Допоміжне обладнання:

- транспортні системи, живильники, вентилятори;
- пристрої для контролю пилу та газів;
- автоматика керування процесами.

8. Екологічні та економічні аспекти проектування

Проектування систем утилізації повинно відповідати принципам сталого розвитку:

- мінімізація енергоспоживання;
- повторне використання тепла та матеріалів;
- скорочення обсягів захоронення;
- економічна доцільність (розрахунок окупності);
- використання систем екологічного моніторингу.

9. Приклади ефективних технологій

1. **Піроліз гуми** — одержання паливного газу, масел, вуглецю.
2. **Переробка золи ТЕС** — отримання будівельних матеріалів.
3. **Вторинна переробка металобрухту** — економія ресурсів.
4. **Компостування харчових відходів** — отримання біодобрих.

10. Висновки

1. Проектування технологій утилізації твердих відходів є комплексною задачею, що охоплює технічні, екологічні та економічні аспекти.
2. Розробка таких технологій сприяє зменшенню навантаження на довкілля та формуванню ресурсозберігаючої економіки.
3. Ключовим чинником успіху є впровадження інноваційних, екологічно безпечних та енергоефективних технологічних рішень.

11. Контрольні запитання

1. Які етапи включає процес проектування технологій утилізації відходів?
2. Назвіть основні методи оброблення твердих відходів.
3. Які екологічні вимоги висуваються до систем утилізації відходів?
4. Яке обладнання застосовується для механічної переробки?
5. Які фактори впливають на вибір технології утилізації?
6. Які економічні показники враховують під час розробки проекту?

ЛЕКЦІЯ №13

Тема: Дотримання вимог з охорони праці при проєктуванні технологій захисту навколишнього середовища

1. Вступ

1.1. Актуальність теми

Проєктування технологій захисту навколишнього середовища — це не лише технічне завдання, спрямоване на мінімізацію забруднення, але й комплексна діяльність, що передбачає створення безпечних умов праці для персоналу. Під час проєктування екологічних технологій необхідно враховувати вплив шкідливих і небезпечних факторів на людину, розробляти системи колективного та індивідуального захисту, забезпечувати надійну роботу обладнання.

1.2. Мета лекції: Ознайомитися з нормативно-правовими основами, принципами і вимогами з охорони праці при проєктуванні технологій захисту навколишнього середовища, навчити оцінювати та враховувати ризики під час створення екологічних систем.

1.3. Завдання лекції

- розглянути законодавчу базу у сфері охорони праці;
- визначити основні небезпечні фактори в екологічних технологіях;
- розкрити принципи безпеки на етапах проєктування;
- розглянути систему організаційних і технічних заходів;
- навчити застосовувати принципи оцінки ризику та вибору засобів захисту.

2. Нормативно-правове забезпечення охорони праці

2.1. Основні законодавчі документи

1. **Закон України "Про охорону праці"** — регламентує основні принципи державної політики у сфері безпеки праці.

2. **Кодекс законів про працю України.**

3. **Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища".**

4. **ДСТУ, НПАОП, СанПіН, ГОСТ** — встановлюють технічні та санітарні норми безпеки.

5. **Міжнародні стандарти:** ISO 45001 (Система менеджменту охорони праці) і ISO 14001 (Система екологічного менеджменту).

2.2. Основні принципи законодавства

- пріоритет життя і здоров'я людини;
- запобігання небезпекам, а не ліквідація наслідків;
- відповідальність роботодавця за умови праці;
- обов'язковість навчання і перевірки знань з безпеки.

3. Небезпечні та шкідливі фактори в екологічних технологіях

Тип фактору	Джерело	Потенційний ризик
Хімічний	реагенти, кислоти, луги, гази	опіки, отруєння, подразнення
Фізичний	шум, вібрація, температура	стрес, травми, теплові ураження
Механічний	рухомі частини машин, тиск	порізи, переломи, удари
Електричний	електродвигуни, електрофільтри	ураження струмом
Біологічний	мікроорганізми, біоаерозолі	інфекції, алергії

4. Вимоги охорони праці на етапах проєктування

4.1. Передпроектний етап

- ідентифікація небезпек і шкідливих факторів;
- оцінка ризиків;
- розроблення заходів попередження травматизму;
- планування ергономіки та мікроклімату робочих зон.

4.2. Етап створення технологічної схеми

- вибір безпечних матеріалів і реагентів;
- автоматизація небезпечних операцій;
- герметизація устаткування;
- локалізація джерел викидів.

4.3. Розміщення обладнання

- розподіл робочих зон;
- передбачення вентиляційних і аварійних виходів;
- дотримання ергономічних вимог
- застосування бар'єрів, огорожень, шумозахисту.

4.4. Електробезпека:

- заземлення металевих частин;
- використання приладів з подвійною ізоляцією;
- аварійне відключення обладнання.

4.5. Пожежна безпека:

- протипожежні розриви, вибухозахист;
- автоматичні системи пожежогасіння;
- використання негорючих матеріалів.

4.6. Безпека під час експлуатації:

- регулярне технічне обслуговування;
- контроль рівня шкідливих речовин у повітрі;
- навчання та інструктаж персоналу.

5. Інженерно-технічні заходи безпеки

1. Автоматизація небезпечних процесів.
2. Системи вентиляції, аспірації, пиловловлювання.

3. Герметичне обладнання та трубопроводи.
4. Вибухозахист і заземлення.
5. Системи пожежогасіння, сигналізації, аварійного вимкнення.

6. Організаційні заходи

- інструктажі (вступний, первинний, повторний);
- атестація робочих місць;
- медичні огляди працівників;
- контроль за станом охорони праці;
- призначення відповідальних осіб за безпеку.

7. Оцінка ризиків у технологіях захисту довкілля

Етапи аналізу ризику:

1. Ідентифікація небезпек.
2. Визначення ймовірності події.
3. Аналіз наслідків.
4. Вибір заходів мінімізації (елімінація, обмеження, ЗІЗ).

8. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Тип ЗІЗ	Призначення	Приклади
Органів дихання	Захист від пилу, газів	Респіратори, протигази
Шкіри	Захист від реагентів	Халати, рукавички, комбінезони
Очей	Захист від бризок і пилу	Окуляри, щитки
Слуху	Захист від шуму	Беруші, навушники
Тіла	Загальний захист	Спецодяг, взуття

9. Вимоги безпеки до обладнання та споруд

- відповідність стандартам ДСТУ та НПАОП;
- наявність захисних кожухів і блокувань;
- контроль технічного стану;
- періодичні випробування і сертифікація.

10. Екологічний аспект охорони праці

Безпечні технології — це не лише мінімізація впливу на довкілля, а й запобігання ризикам для персоналу:

- зниження шуму й вібрацій;
- зменшення пилу, парів і шкідливих речовин;
- ергономічність і комфорт працівників.