

ЛЕКЦІЯ №5

**НДТМ/ВАТ І ДОКУМЕНТИ
BREF, БЕНЧМАРКІНГ
ТЕХНОЛОГІЙ, ПЛАНИ
МОДЕРНІЗАЦІЇ**



1. Поняття НДТМ (найкращі доступні технології та методи управління) / BAT (Best Available Techniques)

2. Правова основа впровадження BAT

3. Документи BREF

4. Бенчмаркінг технологій

5. Плани модернізації

6. Виклики та перспективи для України

1. Поняття НДТМ (найкращі доступні технології та методи управління) / BAT (Best Available Techniques)

- НДТМ (найкращі доступні технології та методи управління) /BAT (**Best Available Techniques**) – це технології, методи та практики, що довели свою ефективність у зменшенні негативного впливу на довкілля й є технічно здійсненими та економічно доступними для підприємств певної галузі.
- Вони не завжди означають «найсучасніші» чи «найдорожчі» рішення, а радше **оптимальний баланс між ефективністю та доступністю.**

Основні характеристики ВАТ

Ефективність – технологія реально знижує рівень викидів, скидів чи утворення відходів.

Доступність – рішення існує на ринку, його можна придбати, впровадити та експлуатувати.

Технічна здійсненність – обладнання може працювати у промислових масштабах без втрати продуктивності.

Економічна доцільність – витрати на впровадження відповідають очікуваним екологічним та соціальним вигодам.

Гнучкість – може бути адаптована до особливостей різних підприємств та регіонів.

Характеристика	Зміст	Приклад
Ефективність	Забезпечує значне зменшення викидів, скидів і відходів	Використання електрофільтрів для зниження пилових викидів на ТЕС
Доступність	Технології наявні на ринку, їх можна придбати та впровадити	Біогазові установки, що вже застосовуються у ЄС і доступні для України
Технічна здійсненність	Можливість застосування у промислових масштабах без втрати продуктивності	Перехід металургії з доменних печей на електропечі
Економічна доцільність	Витрати на впровадження відповідають очікуванім екологічним і соціальним вигодам	Встановлення систем рекуперації тепла, що скорочує витрати на енергію
Раціональне використання ресурсів	Мінімізація споживання енергії, води, сировини, повторне використання ресурсів	Замкнені цикли водопостачання на харчових підприємствах
Інноваційність	Включення сучасних технологічних рішень	Каталізатори для зниження викидів NOx у хімічній промисловості
Циркулярність	Використання відходів одного процесу як ресурсів для іншого	Використання золи з ТЕС як добавки в цементному виробництві

Принципи ВАТ

Превентивність – запобігання забрудненню на стадії виробництва, а не лише його «ліквідація» після.



Мінімізація впливу – зменшення викидів у повітря, водні об'єкти, ґрунти.



Раціональне використання ресурсів – енергозбереження, повторне використання води, вторинна сировина.



Циркулярність – відходи одного процесу можуть стати ресурсами для іншого.



Інноваційність – ВАТ включає стимул до застосування нових рішень (наприклад, відновлювана енергія).

Суть основних принципів ВАТ

Принцип	Суть	Приклад
Превентивність	Запобігання утворенню забруднень на етапі виробництва	Використання водорозчинних фарб замість органічних розчинників
Мінімізація впливу	Зниження викидів у повітря, скидів у воду та забруднення ґрунтів	Електрофільтри на ТЕС, що скорочують пилові викиди на >99%
Раціональне використання ресурсів	Оптимізація споживання енергії, води та сировини	Замкнені цикли водопостачання на харчових підприємствах
Циркулярність	Використання відходів одного процесу як ресурсів для іншого	Зола та шлаки ТЕС у виробництві цементу
Інноваційність	Впровадження нових технологічних і екологічних рішень	Технології уловлювання та зберігання CO ₂ (CCS/CCU)

Роль у Європейському Союзі

- В ЄС BAT закріплені в **Директиві 2010/75/EU про промислові викиди (IED)**.
- BAT є центральним інструментом регулювання великих промислових об'єктів, адже дозволяє одночасно контролювати різні види забруднення: викиди в повітря, скиди у воду, утворення відходів.
- Всі нові та існуючі підприємства в ЄС зобов'язані орієнтуватися на BAT при отриманні дозволів на промислові викиди (Integrated Permits).

Документи BREF (BAT Reference Documents)

- **BREF-документи** — це довідники Європейської комісії, які розробляються для кожної галузі промисловості.
- Вони містять:
 1. опис виробничих процесів галузі;
 2. огляд доступних технологій і методів очищення;
 3. **BAT conclusions** — обов'язкові для врахування у національних дозволах;
 4. орієнтовні граничні рівні викидів (BAT-AELs).
- Приклади: BREF для цементної промисловості, енергетики, виробництва сталі, хімічної індустрії.

Обов'язковість застосування ВАТ

- Коли держава-член ЄС видає або оновлює дозвіл на промислові викиди, вона зобов'язана **врахувати висновки з ВАТ**.
- Це означає, що підприємства повинні впроваджувати технології та практики, які дозволяють досягти рівня викидів не вищого за **BAT-AELs**.
- Винятки можливі лише у випадках, коли доведено, що застосування ВАТ технічно чи економічно неможливе, але такі випадки суворо контролюються.

Моніторинг і контроль

- BREF визначає також **методи моніторингу** забруднень, які є обов'язковими для підприємств.
- Це забезпечує **порівнянність даних** у межах ЄС та можливість проведення бенчмаркінгу.
- У випадку перевищення норм компетентні органи можуть накладати санкції, аж до призупинення діяльності підприємства.

Значення для сталого розвитку ЄС

- Впровадження ВАТ сприяє:
- переходу до **економіки замкненого циклу**;
- зниженню викидів CO₂ та виконанню кліматичних цілей ЄС (Fit for 55, Європейський зелений курс);
- підвищенню **конкурентоспроможності підприємств**, які зменшують витрати ресурсів.
- Для країн-кандидатів у члени ЄС (у тому числі України) адаптація до системи ВАТ є частиною зобов'язань в рамках гармонізації законодавства.

Приклади ВАТ у промисловості

У **металургії** – заміна доменних печей на електропечі з високим ККД.

У **енергетиці** – використання газотурбінних установок замість вугільних котлів.

У **харчовій промисловості** – замкнені цикли водопостачання та повторне використання тепла.

У **хімічній галузі** – каталізатори, що знижують утворення оксидів азоту (NO_x).

2. Правова основа впровадження BAT

- **1. Європейський Союз**
- **Ключовий документ: Директива 2010/75/EU про промислові викиди (Industrial Emissions Directive, IED).**
 - Встановлює принцип обов'язковості врахування BAT у промисловій діяльності.
 - Держави-члени ЄС повинні видавати дозволи на промислові викиди виключно на основі BAT conclusions.
 - BAT визначаються у документах **BREF (BAT Reference Documents)**.
- **BAT Conclusions (2012-2023 pp.)** – це офіційні документи Єврокомісії, які містять орієнтовні граничні рівні викидів (BAT-AELs), методи контролю та рекомендації з модернізації.
- **Організація з розробки:** Європейське бюро з інтегрованого запобігання та контролю забруднення (EIPPCB, Севілья, Іспанія).

- **2. Україна**

- **Угода про асоціацію Україна – ЄС (2014):** передбачає імплементацію директиви IED та поступовий перехід до використання BAT.

- **Законодавча база:**

- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991).
- Закон «Про охорону атмосферного повітря» (2001, з поправками).
- Закон «Про відходи» (1998, у редакції 2023 р. – «Про управління відходами»).
- Постанова КМУ № 277 від 07.08.2013 «Про затвердження Порядку розроблення і впровадження НДТМ».

- **Інституційна база:**

- Міндовкілля України відповідає за створення **Центру НДТМ**, розробку національних довідників BAT та гармонізацію з BREF.
- Українські підприємства зобов'язуються під час модернізації враховувати найкращі доступні технології, визначені у галузевих довідниках.

3. Міжнародні документи та стандарти

Орхуська конвенція (1998) – забезпечує доступ до інформації та участь громадськості, у т.ч. при впровадженні БАТ.

Паризька угода (2015) – стимулює використання БАТ як частини скорочення викидів парникових газів.

SDGs (Цілі сталого розвитку ООН, 2015) – БАТ напряму пов'язані з SDG 6 (Чиста вода), SDG 7 (Енергія), SDG 12 (Відповідальне споживання та виробництво), SDG 13 (Клімат).

Правова основа BAT

Рівень	Документи / нормативна база	Приклад застосування
ЄС	- Директива 2010/75/EU (IED) про промислові викиди - Документи BREF та BAT Conclusions - Рішення Європейської комісії про BAT-AELs	Отримання інтегрованого дозволу для цементного заводу з урахуванням BAT Conclusions
Україна	- Закон «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991) - Закон «Про охорону атмосферного повітря» (2001) - Закон «Про управління відходами» (2023) - Постанова КМУ №277 (2013) «Про порядок розроблення і впровадження НДТМ»	Розробка національного довідника BAT для харчової промисловості
Міжнародний	- Орхуська конвенція (1998) - Паризька угода (2015) - Цілі сталого розвитку ООН (SDG 6, 7, 12, 13)	Використання BAT для скорочення парникових газів у рамках виконання Паризької угоди

4. Значення правової основи

Для підприємств – ВАТ стають обов'язковим орієнтиром при проектуванні, модернізації та отриманні екологічних дозволів.



Для держави – це інструмент виконання міжнародних зобов'язань та інтеграції в європейський простір.



Для суспільства – гарантія того, що промисловість поступово переходить до «зелених» технологій, що знижують вплив на довкілля.

3. Документи BREF

- Документи **BREF** (Best Available Techniques Reference Documents) – це довідкові документи, які розробляються в рамках Європейського Союзу для впровадження **Директиви про промислові викиди (IED, 2010/75/EU)**.

Основне призначення BREF

1. Довідкова база для визначення **найкращих доступних технологій (BAT)**

2. Інструмент для державних органів (регуляторів)

3. Орієнтир для промислових підприємств

4. Інтегрований екологічний підхід

5. Юридична обов'язковість

- **1. Довідкова база для визначення найкращих доступних технологій (BAT)**
- Кожен BREF містить систематичний опис сучасних технологій, які довели свою **ефективність у зменшенні впливу на довкілля**.
- Це не лише окремі установки, а й **методи управління, організаційні рішення, процесні зміни**, які разом дозволяють знизити рівень забруднень.
- У документах наводяться дані про **рівні викидів (BAT-AELs)**, що вважаються досяжними при застосуванні BAT.
- Таким чином, BREF стає стандартом для порівняння: підприємства можуть оцінювати власні технології й бачити, чи відповідають вони сучасним екологічним критеріям.

- **2. Інструмент для державних органів (регуляторів)**
- Органи влади, які видають **дозволи на викиди** (Integrated Environmental Permits), використовують висновки з BREF як основу для формування умов у цих дозволах.
- Якщо в BREF зазначено, що певна технологія є BAT, то **використання менш ефективних методів повинно бути обґрунтованим** або не допускається.
- Це забезпечує **єдиний підхід у всіх країнах ЄС**, щоб уникнути ситуації, коли одні підприємства працюють за суворими стандартами, а інші – за застарілими.

- **3. Орієнтир для промислових підприємств**
- BREF допомагає бізнесу зрозуміти, **які технології визнані оптимальними на європейському рівні.**
- Це корисно не тільки для відповідності вимогам закону, але й для:
 - **інвестиційного планування** (підприємства знають, які технології доведеться впроваджувати найближчими роками);
 - **зниження операційних витрат** (сучасні BAT часто дозволяють зменшити споживання енергії та ресурсів);
 - **репутаційних вигод** (компанія, що працює за BAT, виглядає надійною й екологічно відповідальною).

- **4. Інтегрований екологічний підхід**
- Важливість BREF полягає в тому, що вони враховують **усі види впливів на довкілля**:
 - атмосферні викиди,
 - забруднення води,
 - утворення відходів,
 - споживання енергії та ресурсів.
- Це запобігає “перекладанню” проблеми: наприклад, щоб зниження викидів у повітря не призводило до більшого забруднення води.

- **5. Юридична обов'язковість**
- Висновки **BAT (BAT Conclusions)**, які є частиною BREF, публікуються окремо в *Офіційному журналі ЄС* і стають **обов'язковими до виконання**.
- Держави-члени ЄС повинні інтегрувати їх у своє законодавство й застосовувати під час видачі дозволів.
- Тобто BREF не лише рекомендаційний документ, а фактично – **основа для екологічних стандартів** у промисловості.

Хто розробляє BREF

1. Головний координатор
– **Європейське бюро з
інтегрованого
запобігання та контролю
забруднення (EIPPCB)**

2. Представники
промисловості

3. Експерти від держав-
членів ЄС

4. Екологічні та
громадські організації

5. Формат роботи – **TWG
(Technical Working
Groups)**

6. “Севільський процес”

- **1. Головний координатор – Європейське бюро з інтегрованого запобігання та контролю забруднення (EIPPCB)**
- Розташоване в м. Севілья (Іспанія) і входить до складу **Об'єднаного дослідницького центру Єврокомісії (JRC).**
- Основні функції:
 - організація процесу підготовки BREF;
 - технічна координація обговорень;
 - редагування та публікація кінцевих документів;
 - забезпечення наукової нейтральності.
- EIPPCB виступає як **"секретаріат" процесу Севільї**, який узгоджує інтереси всіх учасників.

- **2. Представники промисловості**

- Це компанії та галузеві асоціації, що безпосередньо працюють у тій сфері, для якої готується BREF (наприклад, цементна промисловість, сталеливарні комбінати, хімічні концерни).
- Їхня роль:
 - надання **даних із виробничої практики** (технології, витрати, результати екологічних заходів);
 - демонстрація прикладів впроваджених BAT;
 - висловлення позиції бізнесу щодо реалістичності нових вимог.
- Присутність промисловості гарантує, що документи будуть **практично здійсненними, а не лише теоретичними.**



3. Експерти від держав-членів ЄС

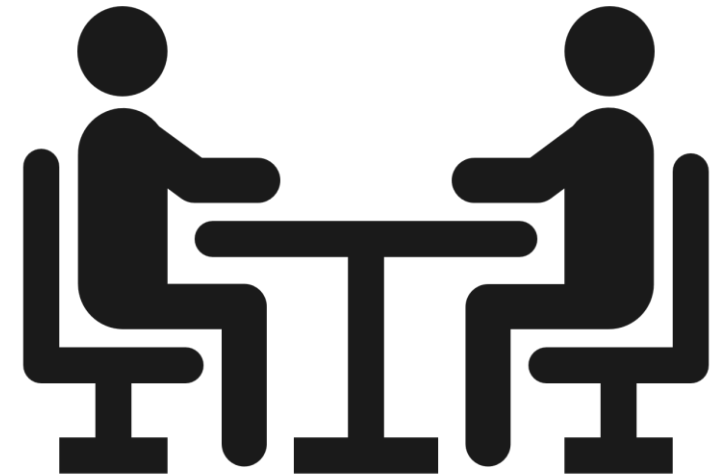
Це уповноважені представники міністерств екології, агентств з охорони довкілля та технічних інститутів різних країн.

Вони:

- перевіряють, чи відповідають запропоновані ВАТ політиці охорони довкілля їхньої держави;
- оцінюють технічні дані з урахуванням національного досвіду;
- беруть участь у голосуванні за фінальні **BAT Conclusions**.

Завдяки цьому забезпечується **єдність стандартів у всьому ЄС.**

- **4. Екологічні та громадські організації**
- До процесу залучаються **неурядові організації (NGOs)**, що спеціалізуються на охороні довкілля, наприклад Європейське екологічне бюро (ЕЕВ).
- Їхня роль:
 - відстоювання **екологічних інтересів і суспільного здоров'я**;
 - контроль, щоб промисловість не занижувала стандарти;
 - внесення пропозицій щодо більш жорстких екологічних цілей.

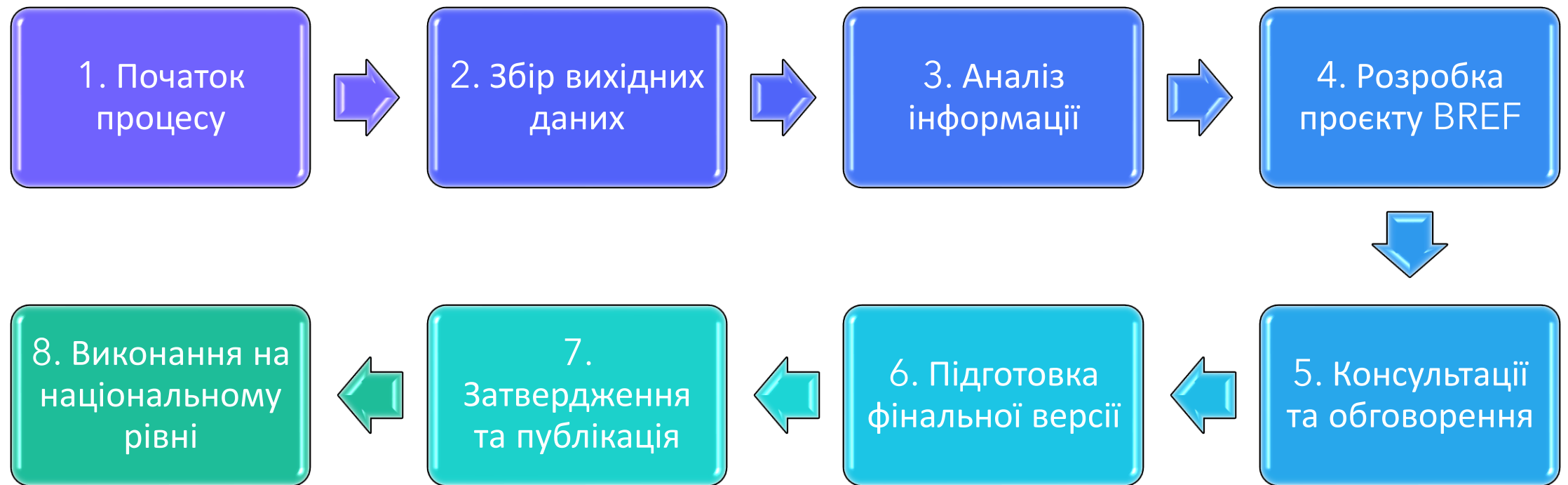


- **5. Формат роботи – TWG (Technical Working Groups)**
- Для кожного сектору створюється **Технічна робоча група (TWG)**, куди входять представники всіх трьох сторін:
 - промисловість,
 - держави-члени,
 - екологічні організації.
- TWG збирає дані, проводить обговорення, аналізує технології.
- Підсумковий проект BREF публікується для коментарів, після чого редагується й затверджується.

- **6. "Севільський процес"**

- Уся ця співпраця відома як **"Севільський процес" (Sevilla Process)**. Він передбачає:
 - Формування TWG.
 - Збір та перевірку даних з підприємств.
 - Дискусії, консультації, технічні зустрічі.
 - Підготовку проекту BREF.
 - Коментарі й доопрацювання.
- Прийняття та публікацію **BAT Conclusions** у *Офіційному журналі ЄС*.

Етапи розробки BREF (Севільський процес)



- **1. Початок процесу**
- Єврокомісія визначає, для якої галузі потрібно оновити або створити новий BREF.
- Формується **Технічна робоча група (TWG)**:
 - експерти з держав-членів ЄС,
 - представники промисловості,
 - екологічні організації,
 - координатор – **EIPPCB (Севілья)**.

- **2. Збір вихідних даних**
- TWG готує **анкети та опитувальники** для підприємств галузі.
- Збираються дані про:
 - виробничі процеси;
 - застосовані технології;
 - обсяги викидів і скидів;
 - споживання енергії та ресурсів;
 - витрати на впровадження технологій.
- Ці дані називаються **"Data Collection"** і є основою для оцінки.

- **3. Аналіз інформації**

- EIPPCB разом з TWG перевіряє якість і повноту отриманих даних.
- Порівнюються різні технології за критеріями:
 - екологічна ефективність;
 - економічна доцільність;
 - застосовність у різних країнах.
- Складаються таблиці рівнів викидів та споживання ресурсів.

- **4. Розробка проєкту BREF**
- На основі аналізу готується **Draft BREF** (попередня версія).
- У ньому описуються:
 - технології та процеси;
 - оцінка їх ефективності;
 - пропоновані **BAT Conclusions** (рекомендовані рівні викидів, технологічні стандарти).

- **5. Консультації та обговорення**
- Draft BREF розсилається членам TWG і зацікавленим сторонам.
- Вони подають **коментарі, зауваження, пропозиції**.
- Відбуваються **технічні зустрічі** в Севільї, де обговорюються спірні питання.

- **6. Підготовка фінальної версії**
- Враховуються узгоджені зміни й формується **Final Draft BREF**.
- Ключові положення оформлюються у вигляді **BAT Conclusions** (юридично обов'язкової частини).

- **7. Затвердження та публікація**
- Final Draft BREF передається до **Форуму IED (Industrial Emissions Directive Forum)**.
- Форум, куди входять представники країн ЄС, голосує за прийняття.
- Після ухвалення:
 - **BAT Conclusions** публікуються в *Офіційному журналі ЄС* (і стають обов'язковими),
 - повний текст BREF публікується на сайті EIPPCB.

- **8. Виконання на національному рівні**
- Держави-члени ЄС інтегрують висновки ВАТ у **національні екологічні дозволи** для підприємств.
- Підприємства мають кілька років (зазвичай 4) на приведення своїх технологій у відповідність.
-  Таким чином, увесь цикл від початку збору даних до офіційної публікації може тривати **4-7 років**, оскільки процес дуже деталізований і потребує міжнародної згоди.

Структура BREF

1. Загальна інформація про галузь
2. Опис основних процесів виробництва
3. Джерела забруднення
4. Техніки та технології зниження впливу
5. BAT-AELs (Associated Emission Levels)
6. Енергетична та ресурсна ефективність
7. Крос-медійні ефекти
8. BAT Conclusions
9. Додатки

- **1. Загальна інформація про галузь**
- **Опис галузі:**
 - які підприємства входять у сектор;
 - економічна роль галузі (наприклад, частка в енергоспоживанні, виробництві сталі, цементу, хімічних продуктів тощо);
 - загальна структура виробництва в ЄС.
- **Обсяги виробництва:** статистика за країнами, дані щодо імпорту/експорту.
- **Тенденції розвитку:** прогноз технологічних змін, інновацій, переходу на зелену економіку.

- **2. Опис основних процесів виробництва**
- Схеми виробничих процесів (flow diagrams).
- Ключові етапи технологічних циклів.
- Використовувані сировини та допоміжні матеріали.
- Показники ефективності (наприклад, енергоємність, коефіцієнт використання ресурсів).
- Приклади різних технологічних варіантів, що існують у галузі.

- **3. Джерела забруднення**

- **Атмосферні викиди:** CO_2 , NO_x , SO_2 , пил, органічні сполуки.
- **Скиди у воду:** важкі метали, органічні забруднювачі, температурні впливи.
- **Відходи:** шлаки, золи, побічні продукти.
- **Шум, вібрація, запахи.**
- Кожен тип забруднення описується з прикладами рівнів для різних технологій.

- **4. Техніки та технології зниження впливу**

- Це центральний розділ, де перелічуються всі можливі технічні рішення:

- **Первинні заходи** (зменшення забруднення в самому процесі):

- оптимізація горіння, використання якіснішої сировини, закриті системи.

- **Вторинні заходи** (очистка на виході):

- фільтри, електростатичні осаджувачі, установки десульфуризації.

- **Інтегровані методи:** повторне використання відходів, замкнуті цикли води, рекуперація тепла.

- Для кожної техніки наводяться:

- принцип роботи;
- екологічний ефект;
- економічні аспекти (вартість впровадження, експлуатаційні витрати);
- приклади застосування на підприємствах.

- **5. BAT-AELs (Associated Emission Levels)**

- Це кількісні діапазони викидів, яких реально досягти при застосуванні BAT.
- Наводяться у вигляді таблиць:
 - параметр (наприклад, пил, NO_x , SO_2);
 - діапазон концентрацій (наприклад, 20–50 мг/м³);
 - одиниці вимірювання;
 - методи контролю.
- BAT-AELs стають орієнтиром для встановлення умов у дозволах.

- **6. Енергетична та ресурсна ефективність**
- Описуються ВАТ, що спрямовані на зменшення **споживання води, енергії, сировини**.
- Наприклад: рекуперація тепла в печах, переробка побічних продуктів, заміна вугілля на біомасу.

- **7. Крос-медійні ефекти**

- Аналізується, чи не призводить застосування певної БАТ до погіршення ситуації в іншій сфері.
- Наприклад: очищення газів може збільшити утворення твердих відходів; заміна палива зменшує CO_2 , але може підвищити NO_x .

■ 8. BAT Conclusions

- Найважливіша частина BREF – це офіційні **Висновки щодо BAT**, які мають юридичну силу.
- У цьому розділі визначається:
 - які техніки є BAT для галузі;
 - які BAT-AELs мають застосовуватися;
 - які вимоги до моніторингу повинні виконувати підприємства.
- Саме цей розділ публікується в *Official Journal of the EU* і є **обов'язковим для всіх підприємств у ЄС**.

- **9. Додатки**

- Словники термінів, методики вимірювань, приклади звітів.
- Детальні статистичні таблиці з опитувань підприємств.
- Технічні креслення або розрахунки.

-  Отже, **BREF** = великий довідник + довідкова база даних + обов'язковий стандарт у вигляді **BAT Conclusions**.



Головний портал і каталоги BREF

BAT reference documents (BREFs) — офіційний каталог BREF у рамках EIPPCB / EU-BRITE



Документи під інші політики / галузі —
наприклад, для видобутку корисних копалин,
енергодобування і т.д.

**“Explanatory & Guidance document (E&G-d) on
IED / BREF main”** — пояснення з процесу IED /
BREF, етапів підготовки, термінів, структура
документів



Приклади окремих BREF-документів

Best Available Techniques Reference Document –
робочий чернетковий документ STM BREF
(лютий 2025)



Large Combustion Plants (LCP) BREF – приклад
одного з галузевих BREF



Economics and Cross-Media Effects (ECM) BREF –
горизонтальний BREF (ефекти між
середовищами)



The refinery BAT reference document – BREF для
нафтопереробки



4. Бенчмаркінг технологій

- Бенчмаркінг (**benchmarking**) – це процес порівняння діяльності, процесів або технологій певної організації з найкращими практиками в галузі чи поза нею з метою покращення власних результатів.

У випадку технологій – це оцінка та зіставлення технічних рішень, обладнання чи виробничих процесів з еталонними прикладами.

Мета технологічного бенчмаркінгу

Визначити, **які технології є найефективнішими** за продуктивністю, екологічними характеристиками та витратами.

Виявити **розрив між наявним рівнем і** передовими практиками.

Підказати напрями для **модернізації, інновацій та інвестицій**.

Підвищити **конкурентоспроможність підприємства**.

Види бенчмаркінгу технологій

Внутрішній – порівняння між підрозділами однієї компанії (наприклад, цехами чи заводами).

Конкурентний – аналіз технологій безпосередніх конкурентів.

Функціональний – вивчення кращих практик у споріднених галузях (наприклад, енергозбереження в хімії й металургії).

Загальний (генеричний) – використання універсальних технологічних інновацій (наприклад, цифровізація, автоматизація, роботизація).

- **1. Внутрішній бенчмаркінг**

- Суть:

- Порівняння технологій, процесів чи обладнання **всередині однієї компанії**, але між різними підрозділами, філіями чи виробничими майданчиками.
- Наприклад: два заводи однієї корпорації використовують різні системи очищення газів, і менеджмент аналізує, яка з них дає кращий результат.

- Переваги:

- Дані легко доступні, оскільки вони внутрішньокорпоративні.
- Дає швидкі результати для оптимізації виробництва.

- Недоліки:

- Межі порівняння обмежуються рівнем розвитку самої компанії.
- Якщо всі філії працюють застаріло, то навіть «кращий» результат може бути далеким від світових стандартів.

- **2. Конкурентний бенчмаркінг**

- Суть:

- Порівняння власних технологій із **безпосередніми конкурентами** на ринку.
- Наприклад: аналіз ефективності доменних печей у двох металургійних компаній, які виробляють однаковий продукт.

- Переваги:

- Дає реальне уявлення про **свою конкурентоспроможність**.
- Дозволяє зрозуміти, де є відставання чи переваги.

- Недоліки:

- Складно отримати достовірну інформацію (часто вона конфіденційна).
- Потребує використання непрямих методів: публічні звіти, відкриті дані, патенти, галузеві дослідження.

■ 3. Функціональний бенчмаркінг

-  Суть:
- Вивчення та перенесення **кращих практик зі споріднених або навіть інших галузей.**
- Наприклад:
 - методи енергозбереження з харчової промисловості можуть бути застосовані в текстильній;
 - система автоматизованого контролю якості з автомобільної галузі може бути використана у фармацевтичному виробництві.
-  Переваги:
- Дає можливість «позичати» ідеї з галузей, де технології вже добре відпрацьовані.
- Стимулює інновації та нестандартні рішення.
-  Недоліки:
- Не завжди пряме копіювання можливе через відмінність умов і масштабів.
- Потрібні додаткові адаптації технології під конкретне виробництво.

- **4. Загальний (генеричний) бенчмаркінг**

- Суть:

- Аналіз і впровадження **універсальних технологічних інновацій**, що мають значення для багатьох сфер діяльності.

- Приклади:

- цифровізація виробництва (Industry 4.0);
- автоматизація та роботизація;
- штучний інтелект у системах управління;
- технології енергоефективності (теплові насоси, рекуперація енергії);
- «зелені» технології (ВДЕ, циркулярна економіка).

- Переваги:

- Дає змогу скористатися **глобальними технологічними трендами**.
- Забезпечує довгострокову стійкість і конкурентність.

- Недоліки:

- Вимагає значних інвестицій.
- Не завжди легко інтегрувати у вже існуюче виробництво.

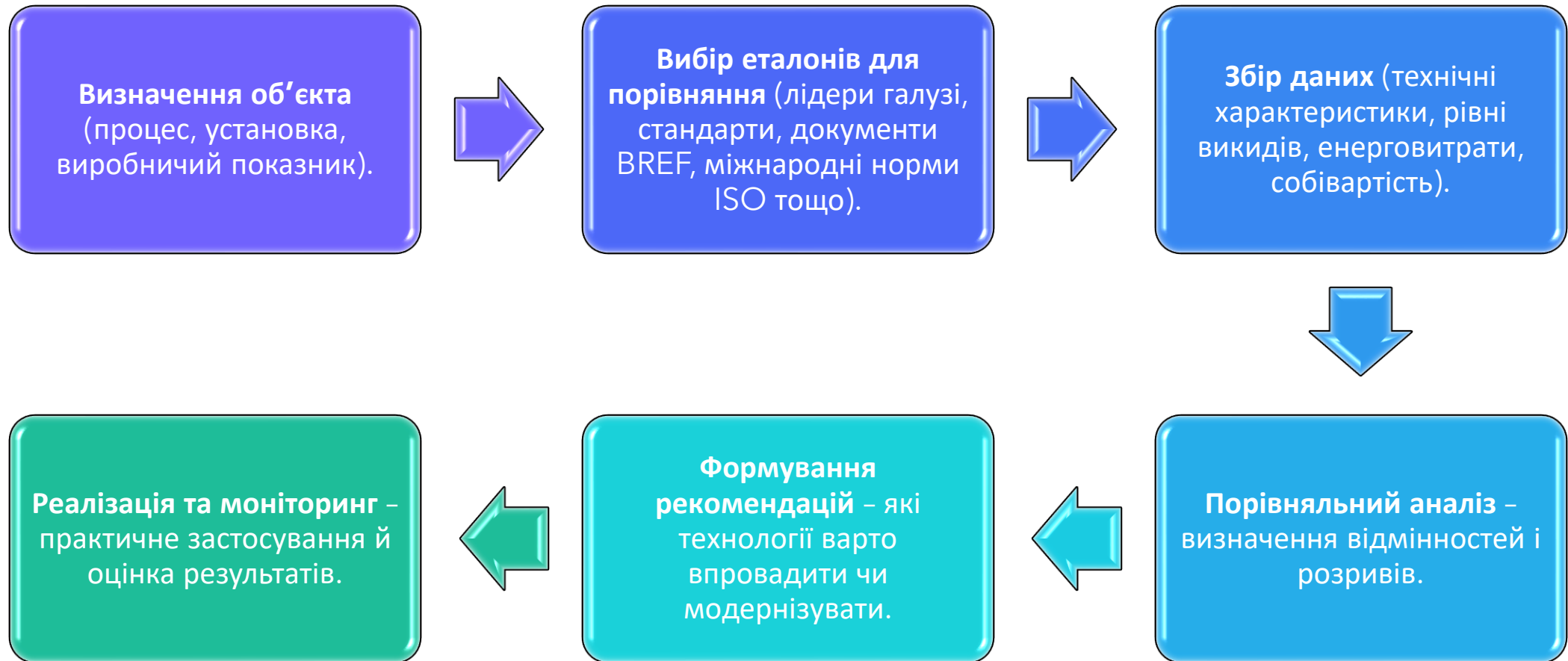
Порівняння
видів
бенчмаркінгу

Вид	Об’єкт порівняння	Джерела інформації	Сильні сторони	Обмеження
Внутрішній	Підрозділи однієї компанії	Внутрішні дані	Легкий доступ, швидка оптимізація	Обмеженість масштабів
Конкурентний	Прямі конкуренти	Звіти, публікації, ринок	Реалістична оцінка позицій	Труднощі з доступом до даних
Функціональний	Інші споріднені галузі	Галузеві дослідження, конференції	Інноваційні ідеї, крос-галузовий розвиток	Потрібна адаптація
Загальний	Універсальні технології	Глобальні тренди, R&D	Довгострокова конкурентність	Висока вартість, складність інтеграції

- Види бенчмаркінгу технологій відрізняються за масштабом і джерелами інформації, але всі вони важливі. Найбільш збалансованим підходом є **комбінація**: починати з внутрішнього, потім виходити на конкурентний і функціональний, а стратегічно орієнтуватися на загальний (генеричний) бенчмаркінг.



Етапи проведення технологічного бенчмаркінгу



- **1. Визначення об'єкта бенчмаркінгу**
- Спершу потрібно чітко окреслити, **що саме буде порівнюватися:**
 - технологічний процес (наприклад, плавка сталі, спалювання палива у котлах);
 - окрема установка (енергоблок, фільтраційна система, реактор);
 - показник ефективності (споживання енергії на тонну продукції, рівень викидів, коефіцієнт виходу продукту).
- Важливо: вибір має бути **конкретним і вимірюваним**, інакше аналіз стане абстрактним і малокорисним.

- **2. Вибір еталонів для порівняння**
- Наступний крок – визначення, з ким або з чим будемо порівнювати. Це можуть бути:
 - **лідери галузі** (передові компанії, що впровадили сучасні рішення);
 - **міжнародні стандарти** (ISO, ASTM, EN);
 - **нормативні документи** (BREF, BAT Conclusions, екологічні директиви ЄС);
 - **науково-дослідні проєкти та інноваційні центри**;
 - **кращі внутрішні практики компанії** (якщо є декілька заводів чи підрозділів).
- Тут важливо забезпечити **репрезентативність і об'єктивність**: якщо еталон обрано неправильно, результат втратить сенс.

- **3. Збір даних**

- Це найскладніший і найтриваліший етап, бо потрібна **точна інформація**:

- технічні характеристики обладнання (потужність, продуктивність, ККД);
- рівні викидів і скидів (пил, NO_x, SO₂, CO₂, органічні сполуки);
- споживання ресурсів (енергія, вода, сировина);
- витрати (капітальні та операційні);
- надійність та безпека.

- Джерела даних:

- власні звіти підприємств;
- технічні паспорти обладнання;
- результати екологічного моніторингу;
- відкриті бази даних (наприклад, Європейський реєстр викидів E-PRTR);
- інформація з BREF-документів.

- **4. Порівняльний аналіз**

- На цьому етапі виконується **зіставлення власних показників з еталонними.**

- Інструменти:

- таблиці порівняння;
- графіки «свій результат vs. лідери галузі»;
- аналіз відхилень у %;
- методи «gap analysis» (визначення технологічного розриву).

- Завдання: зрозуміти, **де є відставання, а де – переваги.**

■ **5. Формування рекомендацій**

- На основі виявлених розривів складаються пропозиції:
 - **модернізація існуючих технологій** (наприклад, установка нових фільтрів, заміна пальників);
 - **впровадження нових процесів чи обладнання;**
 - **організаційні заходи** (оптимізація режимів роботи, цифровізація моніторингу);
 - **стратегічні інвестиції** у більш сучасні технології.
- Тут важливо не лише вказати «що робити», але й **оцінити вартість, терміни та очікуваний ефект** (економічний і екологічний).

- **6. Реалізація та моніторинг**

- На фінальному етапі рекомендації втілюються в життя.
- Важливо організувати **систему моніторингу результатів**, щоб відслідковувати:
 - наскільки знизилися викиди;
 - чи зменшилося споживання енергії/сировини;
 - як змінилися виробничі витрати.
- Якщо результати не відповідають очікуваням, цикл бенчмаркінгу може повторюватися. Це створює **замкнену систему постійного вдосконалення**.

Приклади застосування технологічного бенчмаркінгу

- **1. Енергетика**

-  Ситуація:
Теплова електростанція в Україні працює на старих парових котлах 1970-х років із ККД ~33%.
-  Бенчмаркінг:
 - Порівняння з сучасними **суперкритичними котлами** в Німеччині чи Польщі, які досягають ККД 42–45%.
 - Аналіз нових технологій спалювання: **Circulating Fluidized Bed (CFB)**, які дозволяють використовувати нижчі сорти вугілля та біомасу з меншими викидами.
 - Оцінка економії палива: перехід від 33% до 42% ККД може знизити витрати вугілля на 20–25%.
-  Результат:
Рекомендація модернізувати енергоблок або перейти на газотурбінні установки комбінованого циклу (CCGT), які забезпечують ККД до 60%.

- **2. Металургія**

-  Ситуація:
Доменні печі українських заводів викидають пил на рівні 80–100 мг/нм³.
-  Бенчмаркінг:
 - У документах **BREF для виробництва заліза і сталі** BAT-AEL (Associated Emission Levels) визначені на рівні **10–20 мг/нм³**.
 - Сучасні європейські комбінати (наприклад, ArcelorMittal у Німеччині) застосовують **електрофільтри та рукавні фільтри** з ефективністю понад 99,9%.
 - Окрім пилу, порівнюється викид SO₂: у старих печах – 400–600 мг/нм³, тоді як BAT встановлює межу **50–200 мг/нм³**.
-  Результат:
Впровадження багатоступеневої системи очищення газів дає можливість знизити викиди в 5–10 разів, що відповідає вимогам ЄС.

- **3. Хімічна промисловість**

- Ситуація:

На підприємстві з виробництва аміаку споживання природного газу становить 42 ГДж на тонну аміаку.

- Бенчмаркінг:

- За BREF для хімічної промисловості, рівень споживання енергії при застосуванні BAT має бути **28-32 ГДж/т**.

- У сучасних установках (наприклад, у Норвегії чи Нідерландах) завдяки технології **каталітичної рециркуляції газів і теплообмінників з високою ефективністю** вдалося скоротити споживання на 25-30%.

- Результат:

Модернізація може дати економію до **10-12 ГДж/т**, що означає зниження витрат газу на десятки мільйонів євро щорічно.

- **4. Екологічне регулювання**

- Ситуація:

Підприємство з виробництва цементу в Україні планує отримати європейський екологічний дозвіл.

- Бенчмаркінг:

- У BREF для цементної промисловості визначено, що BAT-AEL для пилу – **10-20 мг/нм³**, для NO_x – **200-450 мг/нм³**.

- Порівняння показників українських заводів (пил: 50-80 мг/нм³, NO_x: 800-1200 мг/нм³) з BAT виявляє суттєвий розрив.

- У ЄС цементні заводи вже впровадили **селективне каталітичне відновлення (SCR)** для зниження NO_x і багатоступеневі фільтри для пилу.

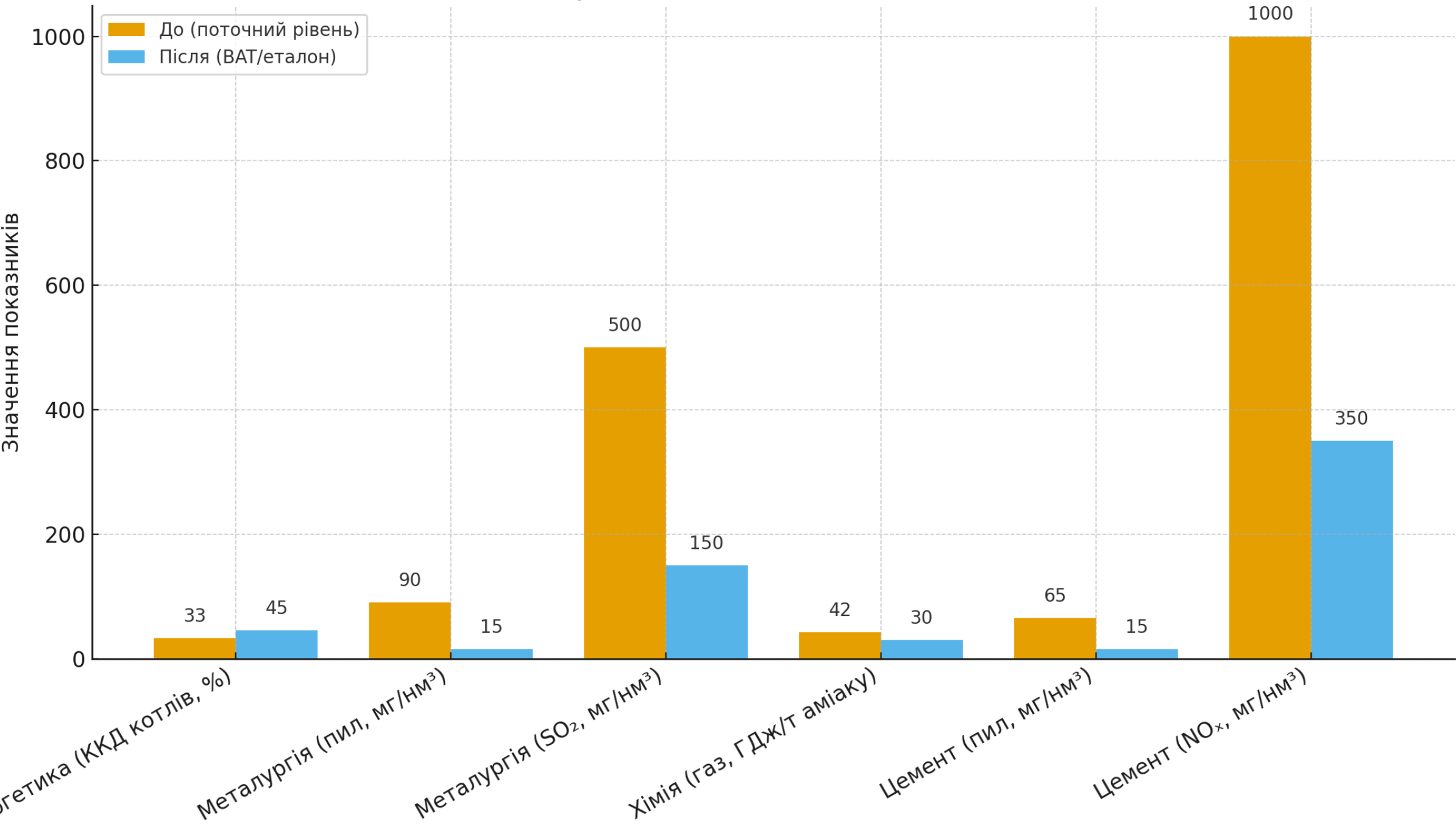
- Результат:

Для виходу на ринок ЄС підприємству потрібно встановити сучасні системи очищення газів і модернізувати печі, інакше воно не зможе отримати дозвіл на роботу.

Результати
бенчмаркінгу
технологій

Галузь	Показник	Поточний рівень (до)	Рівень BAT / еталон (після)	Очікуваний ефект
Енергетика (ТЕС)	ККД котлів, %	~33%	42-45% (суперкритичні котли), до 60% (CCGT)	Зменшення витрат палива на 20-30%
	Викиди пилу, мг/нм³	80-100	10-20	Зниження викидів у 5-8 разів
Металургія (доменні печі)	Викиди SO₂, мг/нм³	400-600	50-200	Зменшення викидів у 3-5 разів
	Споживання газу, ГДж/т	42	28-32	Економія 25-30% енергії
Хімічна промисловість (аміак)	Викиди пилу, мг/нм³	50-80	10-20	Зниження викидів у 4-6 разів
	Викиди NOₓ, мг/нм³	800-1200	200-450	Зменшення викидів у 2-4 рази
Цементна промисловість				

Бенчмаркінг технологій: До / Після (BAT)



Переваги та виклики

-  **Переваги:**
 - підвищення ефективності виробництва,
 - зниження витрат і викидів,
 - покращення екологічної та енергетичної безпеки,
 - зміцнення позицій на ринку.
-  **Виклики:**
 - обмежений доступ до конфіденційних даних конкурентів;
 - складність уніфікації показників для порівняння;
 - необхідність значних інвестицій для впровадження кращих технологій.

5. Плани модернізації

- **Навіщо потрібен план модернізації**
- **Досягнути BAT/BREF:** закрити розриви, виявлені бенчмаркінгом, і вийти на BAT-AEL (*BAT-Associated Emission Levels - пов'язані з НДТМ рівні викидів*)/AEPL (*Associated Energy Performance Levels - пов'язані з НДТМ рівні енергетичної результативності*).
- **Юридична відповідність:** інтеграція вимог із дозволів на викиди, підготовка до нових BAT Conclusions (типовий дедлайн – до 4 років після публікації висновків).
- **Економіка:** зниження OPEX (*Operational Expenditures - операційні витрати*): енергія/вода/реагенти, CAPEX (*Capital Expenditures - капітальні витрати: інвестиції в обладнання/інфраструктуру*) із відомим ROI (*Return on Investment - окупність інвестицій*), уникнення штрафів і carbon-cost (*вартість вуглецю: податок/ціна квот за викиди CO₂*).
- **Стратегія:** підвищення гнучкості, цифровізація, підготовка до декарбонізації (електрифікація, водень, CCS (*Carbon Capture and Storage - уловлювання та зберігання CO₂*) /CCU (*Carbon Capture and Utilization - уловлювання та використання CO₂*), ВДЕ).

Обсяг і рамки плану

- **Об'єкти:** установки/цехи/блоки, допоміжні системи (пальники, фільтри, FGD - *Flue Gas Desulfurization: установки десульфуризації димових газів*/DeNO_x - *узагальнена назва систем зниження оксидів азоту (NO_x)*, водооборот, КВПіА - *контрольно-вимірювальні прилади і автоматика*).
- **Межі:** технологічні (від «сировина→продукт»), екологічні (повітря/вода/відходи/шум/запах), енергетичні.
- **Базовий рік і дані:** вихідні показники (викиди, kWh/т, ГДж/т, м³/т, відходи), невизначеність, сезонність.
- **Цілі:** числові KPI (*ключовий показник ефективності*) з термінами досягнення.

Методика побудови (кроки)



Гар-аналіз проти BAT/BREF та еталонів

- **Мета:** виявити технологічні/екологічні розриви й підтвердити, де саме ми не дотягуємо до BAT-AEL/AEPL та кращих практик.
- **Дії**
- Зібрати базові дані: викиди (мг/Нм³, мг/л), питоме енергоспоживання (кВт·год/т, ГДж/т), вода (м³/т), відходи (кг/т), CO₂ (т/рік), надійність (ОЕЕ, доступність %).
- Нормувати дані: до стандартних умов, однакових режимів, сезонів, якості сировини.
- Порівняти з:
 - **BAT-AEL/AEPL** (з чинних BAT Conclusions),
 - еталонами з **BREF** (таблиці технік та досяжні рівні),
 - бенчмарками лідерів (внутрішні/зовнішні).
- Оцінити «вузькі місця» процесів (матеріальний/тепловий баланс, карти втрат, Pareto по викидах/витратах).
- **Вихідні артефакти**
- Матриця розривів (по кожному KPI: «факт → ціль (BAT) → Δ»).
- Карта кореневих причин (Ishikawa/5 Why).
- Перелік критичних установок/вузлів.
- **Пастки та поради**
- Не змішуйте короточасні піки з середніми значеннями для порівняння з BAT-AEL.
- Вказуйте невизначеність вимірювань і валідність даних (QAL2/QAL3 для CEMS).

- **2) Генерація опцій (технічних і організаційних)**

- **Мета:** створити широкий «басейн» рішень: **первинні** (process-integrated), **вторинні** (end-of-pipe), **організаційні** (режими, ICY/EMS, ISO 50001).

- **Дії**

- Для кожного «вузького місця» — мозковий штурм/HAZOP-light:
 - первинні: зміна сировини/режимів, теплообмін, рекуперація, low-NO_x пальники;
 - вторинні: рукавні фільтри, WESP, SCR/SNCR, FGD, адсорбція/мембрани;
 - організаційні: оптимізація графіків, SOP, енергоменеджмент, цифровий моніторинг.
- Для кожної опції — коротка картка: опис, очікуваний ефект, межі інтеграції, орієнтовний CAPEX/OPEX, вимоги до пермітингу, ризику.

- **Вихідні артефакти**

- Реєстр опцій (opportunity register) з короткими фішками.
- Мапа взаємозв'язків (що з чим конфліктує/підсилює).

- **Пастки**

- Не обмежуйтеся лише «end-of-pipe»: первинні часто дають дешевше й стійкіше скорочення.
- Фіксуйте припущення (якість палива, годинник роботи) — вони впливають на ефект.

▪ **3) Скринінг і ранжування**

▪ **Мета:** швидко «просіяти» перелік до короткого списку реалістичних заходів.

▪ **Критерії (прикладова сітка)**

▪ **Відповідність / комплаєнс:** наскільки опція закриває BAT-AEL/AEPL та регуляторні ризики.

▪ **Потенціал скорочень:** т/рік NO_x, SO₂, пилу, CO₂; кВт·год/т; м³/т.

▪ **Економіка:** CAPEX, OPEX, **NPV/IRR/Payback** (беріть консервативні ціни енергії/реагентів).

▪ **Технічний ризик:** TRL, складність інтеграції, доступність сервісу/каталізаторів.

▪ **Операційні залежності:** outage, підземні комунікації, майданчик, логістика.

▪ **Пермітинг/соцризики:** наявність чутливих аспектів EIA/ОВД.

▪ **Синергія:** відкриває шлях до наступних кроків (наприклад, SCR → WHR → електрифікація).

▪ **Метод**

▪ Присвоїти ваги критеріям (наприклад: комплаєнс 40%, скорочення 25%, економіка 25%, ризик –10%, синергія 20% – під конкретний кейс).

▪ Оцінити опції за шкалами (0–5 або 0–100) та порахувати зважений бал.

▪ Shortlist: включити варіанти з найвищим балом + «дику карту» (інновацію з високим потенціалом).

▪ **Артефакти**

▪ Рейтингова таблиця (з прозорими вагами/балами).

▪ One-pager на кожну опцію з підсумком оцінки.

▪ **Пастки**

▪ Не порівнюйте «яблука з грушами»: нормуйте ефекти до одних умов/одиниць.

▪ Великі «парасолькові» проекти іноді краще розбити на фази – так знизиться ризик і капекси розтягнуться у часі.

- **4) Формування портфеля**

- **Мета:** збалансувати швидкі перемоги, ядро модернізації і стратегію.

- **Структура портфеля**

- **Quick wins (0–12 міс.):** низький CAPEX, швидкий ефект (оптимізація режимів, цифровий моніторинг, дрібні заміни).

- **Core (1–3 роки):** «хребет» відповідності BAT (фільтри, SCR/SNCR, FGD, реконструкція вузлів).

- **Стратегічні (3–5+ років):** великі перетворення (WHR-генерація, CCGT/CFB, електрифікація, CCS/CCU).

- **Артефакти**

- Портфельна карта: «вплив на комплаєнс × строк реалізації × витрати».

- Узгоджений список пріоритетів і черговість фаз (Phase 1/2/3).

- **Пастки**

- Не перевантажуйте один рік великою кількістю монтажів – зростуть outage та ризики.

- **5) Дорожня карта (Roadmap)**

- **Мета:** перетворити портфель у **план-графік** з бюджетами, ролями й контрольними точками.

- **Дії**

- Розбити кожен проєкт на WBS (інженерія → пермітинг → закупівля → виготовлення → монтаж → SAT).
- Прописати **RACI** (Responsible/Accountable/Consulted/Informed) по проєкту/фазі.
- Спланувати бюджети по роках/квартирах; визначити джерела фінансування (власні, loan, green loan/ESG-bond, гранти, ESCO).
- Визначити **Gate-точки** (Stage-Gate): Gate 1 – техобґрунтування, Gate 2 – бюджет/пермітинг, Gate 3 – контракування, Gate 4 – готовність до монтажу, Gate 5 – приймання.

- **Артефакти**

- Gantt/roadmap, RACI-матриця, бюджетний план, реєстр gate-критеріїв.

- **Пастки**

- Не забувайте про «long-lead items» (каталізатори, фільтротканина, турбомашини) – закладайте час і аванси.

- **6) Пермітинг і закупівлі**

- **Мета:** легально і прозоро довести технічне рішення до контракту.

- **Пермітинг (EIA/ОВД та ін.)**

- Скринінг впливів, TOR досліджень, моделювання розсіювання/шуму/вод.

- Консультації з регулятором до подачі (pre-consultation).

- Зміни/умови в дозволах: викиди, вода, відходи, охорона праці.

- **Закупівлі (sourcing)**

- **Техспецифікація (TOR):** гарантійні показники (наприклад: пил ≤ 20 мг/Нм³ при X умовах; NO_x ≤ 300 мг/Нм³; NH₃-slip ≤ 10 мг/Нм³), інтерфейси, CEMS, FAT/SAT, запасні частини.

- Тендер: PQ/ITT, критерії (70% техніка / 30% економіка – або ваша вага), NDA, Q&A, технічні сесії.

- Контракти: EPC/EP, гарантії продуктивності, LDs (штрафи за недовиконання), графік платежів за віхами.

- **Артефакти**

- Повний пакет EIA/ОВД, протоколи слухань, нові/змінені дозволи.

- Тендерний звіт, техніко-комерційна матриця порівняння, контракт і план контрольних випробувань.

- **Пастки**

- Нереалістичні гарантії → окупність «на папері». Перевіряйте умови тестів і методики вимірювань у контракті.

- **7) Впровадження та пуск-налагодження**

- **Мета:** змонтувати, запустити, верифікувати досягнення показників і передати в експлуатацію.

- **Дії**

- Управління проєктом: HSE-план, допуски, координація підрядників, щоденні/щотижневі наради.

- **FAT** (заводські випробування), **SAT** (на майданчику), перфоманс-тести проти гарантій.

- Інтеграція з DCS/SCADA/EMS; налаштування CEMS і валідизація (QAL2/QAL3).

- **SOP/робочі інструкції**, навчання персоналу, план TOiP, запасні частини.

- **Артефакти**

- Check-list FAT/SAT, протоколи перфоманс-тестів, акт відповідності гарантіям.

- Пакет експлуатаційної документації (SOP, схеми, регламенти TOiP).

- **Пастки**

- Пропуск навчання/COP → «гарні цифри» лише у день тестів. Забезпечте режимну карту й контрольні точки для зміни сировини/навантаження.

- **8) MRV і безперервне поліпшення (PDCA)**

- **Мета:** підтвердити ефект, звітувати і тримати показники в межах BAT-AEL/AEPL.

- **Дії**

- **Monitoring:** безперервний (CEMS) і періодичний; валідність даних, калібрування, контроль якості.

- **Reporting:** щомісячні звіти: середні/95-перцентиль, кількість exceedances, доступність CEMS, енерго-/водо-інтенсивність.

- **Verification:** внутрішній аудит/зовнішня верифікація, еко-аудити, енергетичні аудити (ISO 50001).

- **PDCA:** корекційні дії, оновлення режимних карт, перегляд портфеля (закривши одні «вузькі місця», виявляються нові).

- **Артефакти**

- Реєстр KPI, дашборд, журнал інцидентів/перевищень, план коригувальних дій.

- Щорічний звіт про відповідність BAT і досягнення цілей.

- **Пастки**

- «Немає даних — немає проблем»: прозорість даних і їхня якість важливіші за косметику цифр.

- Не забувайте про крос-медійні ефекти (наприклад, знепилення → зростання твердих відходів).

- **Додаток: мінімальні шаблони/чеклісти для впровадження в компанії**
- **Матриця розривів (Gap Sheet):** KPI, факт, BAT-ціль, Δ , пріоритет, причина.
- **Картка опції (1 стор.):** опис, ефект, CAPEX/ Δ OPEX, перміти, ризики, інтерфейси, строки, відповідальні.
- **Рейтингова таблиця:** критерії, ваги, бали, підсумок, примітки.
- **Roadmap (Gantt) + RACI:** віхи, Gate-критерії, бюджет по роках, джерела фінансування.
- **Перфоманс-тест план:** умови, методики, прилади, тривалість, формула підрахунку, приймальні рівні.
- **MRV-план:** що міряємо, чим, як часто, хто відповідає, верифікація, формат звітів.