

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Центральноукраїнський національний технічний університет  
Кафедра екології, охорони навколишнього середовища  
та здорового способу життя

## ***ЕКОЛОГІЧНО-ЧИСТЕ ВИРОБНИЦТВО***

### **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

#### **ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ**

для здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня  
спеціальності 101 «Екологія»  
за освітньо-професійною програмою «Екологія»



УДК 504.05

Методичні рекомендації до практичних робіт з дисципліни «Екологічно-чисте виробництво» для здобувачів другого (магістерського) освітнього рівня спеціальності 101 «Екологія» за освітньо-професійною програмою «Екологія» / ЦНТУ; уклад.: В.М. Кропівний, О.В. Медведєва – Кропивницький.: ЦНТУ, 2023. – 39 с.

Рекомендовано до друку кафедрою екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя Центральноукраїнського національного технічного університету (Протокол №1 від 30.08.2023 р.)

Укладачі: Кропівний В.М., кандидат технічних наук, професор  
Медведєва О.В., кандидат біологічних наук, доцент

Рецензент: Кузик О.В., кандидат технічних наук, доцент

© Кропівний В.М.,  
ЦНТУ, 2023 рік  
© Медведєва О.В.,  
ЦНТУ, 2023 рік

## ЗМІСТ

Практична робота № 1	
ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	3
Практична робота № 2	
ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ.....	8
Практична робота № 3	
ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ У ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	12
Практична робота № 4	
ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТЕ ВИРОБНИЦТВО У МЕТАЛУРГІЙНІЙ ГАЛУЗІ	16
Практична робота № 5	
ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЧАВУНУ.....	20
Практична робота № 6	
ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ У МАШИНОБУДУВАННІ.....	24
Практична робота № 7	
ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРОННІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	28
Практична робота № 8	
ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ У АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ	32
Список рекомендованих джерел.....	36

## **Мета і завдання дисципліни**

**Мета** вивчення дисципліни «**Екологічно чисте виробництво**» полягає у формуванні знань та вмінь щодо впровадження екологічно чистих технологій у виробництві для зниження впливу на навколишнє середовище, оптимізації використання природних ресурсів та підвищення екологічної безпеки виробничих процесів у різних галузях, включаючи металургію та машинобудування.

**Завдання** вивчення дисципліни:

- Ознайомлення з теоретичними основами екологічно чистого виробництва;
- Формування навичок оцінки екологічної ефективності виробничих процесів;
- Оволодіння знаннями про сучасні екологічно чисті технології;
- Розвиток практичних навичок впровадження екологічно чистих технологій.

### **Результати навчання**

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен набути наступні компетентності:

### **Інтегральна компетентність**

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у сфері екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування при здійсненні професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризуються комплексністю і невизначеністю умов та вимог.

### **Фахові компетентності (ФК):**

ФК 1. Обізнаність на рівні новітніх досягнень, необхідних для дослідницької та/або інноваційної діяльності у сфері екології, охорони довкілля та збалансованого природокористування.

ФК 4. Здатність застосовувати нові підходи до аналізу та прогнозування складних явищ, критичного осмислення проблем у професійній діяльності.

ФК 7. Здатність до організації робіт, пов'язаних з оцінкою екологічного стану, захистом довкілля та оптимізацією природокористування, в умовах неповної інформації та суперечливих вимог.

ФК 11. Здатність виявляти та вирішувати екологічні проблеми на локальному, регіональному та глобальному рівні.

### **Програмні результати навчання:**

ПРН 2. Уміти використовувати концептуальні екологічні закономірності у професійній діяльності.

ПРН 10. Демонструвати обізнаність щодо новітніх принципів та методів захисту навколишнього середовища.

ПРН 15. Оцінювати екологічні ризики за умов недостатньої інформації та суперечливих вимог.

ПРН 21. Уміти виявляти та вирішувати екологічні проблеми на локальному, регіональному та глобальному рівні.

## Практична робота № 1

### ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

#### Мета роботи:

Навчитись здійснювати розрахунки показників ефективності споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) на промислових підприємствах, аналізувати отримані результати та пропонувати рекомендації щодо підвищення енергозбереження.

#### Завдання практичної роботи:

- Ознайомитись з ключовими показниками ефективності споживання ПЕР: питома енергоємність продукції; фінансова енергоємність продукції; енергетична складова собівартості продукції; питома витрата ПЕР на випуск продукції.

- Обчислити конкретні показники, що характеризують енергетичну ефективність підприємства та оцінити відповідність цих показників нормативним значенням.

- Запропонувати конкретні заходи щодо зниження енергомісткості продукції, зменшення втрат ресурсів та підвищення екологічної ефективності виробництва.

#### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА:

Головним завданням будь-якого підприємства, особливо в сучасних надскладних економічних умовах, виступає максимізація прибутку за мінімізацією використання ресурсів.

Вітчизняні підприємства потребують в першу чергу суттєвого зменшення використання енергетичних ресурсів, зменшення екологічного навантаження на довкілля. Отже, питання енергетичної безпеки є досить актуальним як на рівні держави, так і на рівні промислових підприємств.

Є різні підходи до оцінювання ефективності використання енергоресурсів.

Згідно з вітчизняними нормативними документами визначено, що ефективність використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) та динаміку розвитку підприємства при впровадженні системи енергозбереження можна обчислювати на основі розрахунку низки показників:

– питома енергоємність продукції, т у. п./шт;

$$W = \frac{M}{\Pi}, \quad (1)$$

де  $M$  – маса умовного палива всіх ПЕР, тонн;

$\Pi$  – кількість продукції, випущеної підприємством, шт.;

– фінансова енергоємність продукції – відношення споживання всіх видів ПЕР у т у. п. до річного випуску продукції у грн, т у. п./грн:

$$W_p = \frac{M}{P_p}, \quad (2)$$

де  $P_p$  – вартість всієї виробленої продукції за рік;

– енергетична складова собівартості продукції у відсотках;

– рівень втрат ресурсів, значення ККД інші технічні показники;

– вартість умовного палива на підприємстві, грн/ т у. п.

$$C = \frac{Z}{M}, \quad (3)$$

де  $Z$  – фінансові витрати на споживання всіх видів ТЕР та вартість утилізації відходів палива;

- питома витрата ПЕР на випуск продукції:

$$Y_i = \frac{C_i}{C \times V_i}, \quad (4)$$

де  $C_i$  – собівартість і-того виду продукції, грн;

$V_i$  – річний обсяг випуску і-тої продукції, шт.

Окрім вищенаведених показників у ДСТУ 4714:2007, рекомендується використовувати енергоекономічні показники енергоспоживання промислових підприємств на виробництво продукції, зокрема енергооснащеність праці, енергооснащеність праці щодо електроенергії, енергомісність основних виробничих фондів, тепломісткість продукції.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### Завдання 1.

Згідно зі своїм варіантом виконати розрахунки на основі вихідних даних:

#### Варіант 1. Підприємство "МеталПром":

- Маса використаного умовного палива (М) : 3,000 тонн у.п.
- Кількість продукції, випущеної підприємством (П) : 500,000 шт.
- Собівартість одиниці продукції (Сі) : 120 грн/шт
- Річний обсяг випуску продукції (Vi) : 500,000 шт.
- Вартість виробленої продукції за рік (Пр) : 60,000,000 грн
- Фінансові витрати на енергоресурси та утилізацію відходів (Z): 8,000,000 грн.
- Середня кількість працівників : 200 осіб
- Загальна кількість тепла, спожитого підприємством за рік : 2000 Гкал

#### Варіант 2. Підприємство "БудІндустрія":

- Маса використаного умовного палива (М) : 4,500 тонн у.п.
- Кількість продукції, випущеної підприємством (П) : 800,000 шт.
- Собівартість одиниці продукції (Сі) : 140 грн/шт
- Річний обсяг випуску продукції (Vi) : 800,000 шт.
- Вартість виробленої продукції за рік (Пр) : 112,000,000 грн
- Фінансові витрати на енергоресурси та утилізацію відходів (Z) : 12,000,000 грн
- Середня кількість працівників : 350 осіб
- Загальна кількість тепла, спожитого підприємством за рік : 3000 Гкал

#### Варіант 3. Підприємство "ТехноБуд":

- Маса використаного умовного палива (М) : 2,200 тонн у.п.
- Кількість продукції, випущеної підприємством (П) : 600,000 шт.
- Собівартість одиниці продукції (Сі) : 110 грн/шт

- Річний обсяг випуску продукції ( $V_i$ ) : 600,000 шт.
- Вартість виробленої продукції за рік (Пр) : 66,000,000 грн
- Фінансові витрати на енергоресурси та утилізацію відходів (Z) : 9,000,000 грн
- Середня кількість працівників : 150 осіб
- Загальна кількість тепла, спожитого підприємством за рік : 1800 Гкал

#### **Варіант 4. Підприємство "ЕкоБудМатеріали" :**

- Маса використаного умовного палива (M) : 3,500 тонн у.п.
- Кількість продукції, випущеної підприємством (П) : 750,000 шт.
- Собівартість одиниці продукції (Сі) : 135 грн/шт
- Річний обсяг випуску продукції ( $V_i$ ) : 750,000 шт.
- Вартість виробленої продукції за рік (Пр) : 101,250,000 грн
- Фінансові витрати на енергоресурси та утилізацію відходів (Z) : 10,500,000 грн
- Середня кількість працівників : 250 осіб
- Загальна кількість тепла, спожитого підприємством за рік : 2500 Гкал

#### **Варіант 5. Підприємство "Альфа-Буд":**

- Маса використаного умовного палива (M) : 5,200 тонн у.п.
- Кількість продукції, випущеної підприємством (П) : 1,000,000 шт.
- Собівартість одиниці продукції (Сі) : 125 грн/шт
- Річний обсяг випуску продукції ( $V_i$ ) : 1,000,000 шт.
- Вартість виробленої продукції за рік (Пр) : 125,000,000 грн
- Фінансові витрати на енергоресурси та утилізацію відходів (Z) : 15,600,000 грн
- Середня кількість працівників : 400 осіб
- Загальна кількість тепла, спожитого підприємством за рік : 3200 Гкал

**Завдання 2.** Розрахунок енергетичної оснащеності праці та тепломісткості продукції

За тими ж вихідними даними розрахувати наступні показники:

$$\text{Енергооснащеність праці} = \frac{\text{Витрати енергії на підприємстві за рік (М)}}{\text{Середня кількість працівників}}$$

$$\text{Тепломісткість} = \frac{\text{Загальна кількість тепла, спожитого підприємством}}{\text{Кількість продукції}}$$

**Завдання 3.** Запропонувати конкретні заходи щодо зниження енергомісткості продукції, зменшення втрат ресурсів та підвищення екологічної ефективності виробництва.

#### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

1. Які основні показники ефективності споживання енергетичних ресурсів використовуються на промислових підприємствах?
2. Як визначається рівень енергетичної ефективності підприємства, і які методи можуть бути застосовані для його оцінювання?
3. Які чинники впливають на споживання енергетичних ресурсів у промислових процесах?
4. Які переваги можуть бути отримані від впровадження енергозберігаючих технологій на підприємствах?
5. Як може вплинути на ефективність споживання енергетичних ресурсів заміна традиційних джерел енергії на відновлювальні?
6. Які основні етапи проведення енергоаудиту на підприємстві та які результати він може надати для оцінки ефективності?
7. Які стратегії можуть бути застосовані для зменшення витрат енергії без шкоди для продуктивності промислового підприємства?

## **Практична робота № 2**

### **ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ**

**Мета роботи :** Ознайомитись з екологічно чистими технологіями в енергетиці, навчитись оцінювати та порівнювати енергоефективність традиційних та екологічно чистих енергетичних систем, а також розробляти рекомендації щодо впровадження нових енергетичних рішень для зниження негативного впливу на довкілля.

#### **Завдання практичної роботи:**

1. Розглянути сучасні екологічно чисті технології в енергетиці та їх основні характеристики.
2. Ознайомитись з методами оцінки екологічної ефективності традиційних і альтернативних джерел енергії.
3. Розрахувати енергоефективність та викиди CO<sub>2</sub> для певних енергетичних джерел.
4. Розробити рекомендації щодо покращення екологічної ефективності обраного джерела енергії.

#### **ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

Для виконання практичного заняття потрібно повторити теоретичний матеріал за наступними напрямками:

##### **1. Огляд сучасних екологічно чистих технологій в енергетиці :**

**Сонячна енергетика :** Використання сонячних панелей для перетворення сонячної енергії на електричну та теплову.

**Вітрова енергетика :** Застосування вітряків для отримання електроенергії з кінетичної енергії вітру.

**Геотермальна енергетика :** Використання тепла Землі для виробництва електроенергії або теплової енергії.

**Гідроенергетика:** Використання водної енергії для виробництва електроенергії.

**Біоенергетика :** Використання біомаси для виробництва енергії з

мінімальним вуглецевим слідом.

## 2. Методи оцінки екологічної ефективності енергетичних систем :

- Коефіцієнт корисної дії (ККД) : Відношення корисної енергії до затраченої (для традиційних джерел зазвичай 35-40%, для відновлюваних – до 90%).
- Рівень викидів CO<sub>2</sub> : Показник у кг/кВт·год, який відображає вплив на довкілля.
- Енергоємність : Витрати енергії на виробництво енергетичних установок та їхній життєвий цикл.

## 3. Порівняння традиційних і відновлюваних джерел енергії :

- Екологічні переваги і недоліки.
- Викиди парникових газів.
- Енергетична безпека та економічні витрати.

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

#### Вихідні дані для розрахунків

Кожен здобувач отримує свій варіант вихідних даних з різними параметрами традиційних та відновлюваних джерел енергії, наприклад:

*Традиційна теплова електростанція (ТЕС) :*

- ККД: 35%
- Викиди CO<sub>2</sub>: 0.9 кг/кВт·год
- Енергоємність: 3.5 Гкал/тонн умовного палива

*Сонячна електростанція :*

- ККД: 20%
- Викиди CO<sub>2</sub>: 0 кг/кВт·год
- Енергоємність: 1 Гкал/м<sup>2</sup> площі панелей

*Вітрова електростанція :*

- ККД: 45%
- Викиди CO<sub>2</sub>: 0 кг/кВт·год
- Енергоємність: 0.8 Гкал на 1 МВт встановленої потужності

### **Основні розрахункові завдання**

1. Розрахунок енергетичної ефективності кожного з джерел :

Розрахувати ефективність (ККД) на основі даних для обраного джерела енергії та порівняти їх із середніми значеннями для альтернативних джерел.

2. Аналіз викидів CO<sub>2</sub> :

На основі даних щодо викидів CO<sub>2</sub> (0,9 кг/кВт·год для ТЕС), розрахувати кількість викидів для певного обсягу виробленої електроенергії (наприклад, 1 ГВт·год) і порівняти з показниками для відновлюваних джерел енергії.

3. Визначення економічної ефективності відновлюваних джерел :

- На основі показника енергоємності оцінити витрати енергії на виготовлення установок для сонячної, вітрової та інших електростанцій та порівняти з тривалістю окупності цих витрат.

### **Додаткові завдання**

1. **Аналіз життєвого циклу сонячних панелей або вітрогенераторів :**

Враховуючи початкові витрати енергії на виробництво та встановлення, розрахувати, скільки енергії повинна виробити установка, щоб компенсувати початкові витрати.

2. **Розробка пропозицій щодо підвищення екологічної ефективності ТЕС :**

Запропонувати технологічні рішення для зменшення викидів CO<sub>2</sub>, наприклад, встановлення фільтрів, використання вторинного палива, збільшення ККД шляхом застосування комбінованих циклів або когенераційних технологій.

### **Підсумкове обговорення**

1. **Презентація результатів розрахунків та аналізу :**

Кожен здобувач представляє свої результати та пропозиції, що дозволяє обговорити найбільш перспективні енергетичні рішення для зниження вуглецевого сліду.

2. Обговорення труднощів та обмежень у впровадженні екологічно чистих технологій :

- Аналіз економічних, технічних і соціальних факторів, які впливають на впровадження відновлюваних джерел енергії в Україні та світі.

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Що таке екологічно чисті технології в енергетиці і які основні їх характеристики?

2. Які види відновлювальних джерел енергії використовуються в екологічно чистих технологіях? Наведіть приклади.

3. Які переваги впровадження екологічно чистих технологій у порівнянні з традиційними методами генерації енергії?

4. Які екологічні проблеми пов'язані з використанням традиційних джерел енергії, і як їх можна мінімізувати за допомогою чистих технологій?

5. Які технології накопичення енергії використовуються в екологічно чистих системах енергетики?

6. Як впровадження екологічно чистих технологій впливає на економічну ефективність енергетичних підприємств?

7. Які основні бар'єри заважають широкому впровадженню екологічно чистих технологій у енергетиці?

8. Які державні політики або програми підтримують розвиток екологічно чистих технологій в енергетиці?

## Практична робота № 3

# ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ У ХІМІЧНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

**Мета роботи:** ознайомитись із сучасними екологічно чистими технологіями у хімічній промисловості, навчити їх аналізувати і порівнювати традиційні та екологічно безпечні технологічні процеси, а також оцінювати ефективність застосування екологічно чистих технологій для зниження впливу на довкілля.

### **Завдання роботи:**

1. Ознайомитися з екологічно чистими технологіями в хімічній промисловості та основними принципами їх роботи.
2. Навчитися визначати основні екологічні показники виробничого процесу в хімічній промисловості.
3. Сформулювати рекомендації щодо впровадження екологічних технологій для зниження забруднення навколишнього середовища на хімічних підприємствах.

## ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Для виконання практичного заняття потрібно повторити теоретичний матеріал за наступними напрямками:

### **Огляд екологічно чистих технологій у хімічній промисловості :**

- Принципи екологічного виробництва: мінімізація відходів, замкнений цикл виробництва, повторне використання сировини, зменшення токсичних речовин.
- Каталіз: використання каталітичних реакцій для зменшення енерговитрат і відходів. Переваги гетерогенних та ферментативних каталізаторів.
- Зелена хімія : синтез речовин з меншими викидами та безпечними для довкілля продуктами (менше утворення шкідливих побічних продуктів).
- Замкнуті цикли : приклади впровадження замкнутих виробничих

циклів у хімічній промисловості, зокрема на підприємствах з виробництва полімерів і фармацевтичної продукції.

## **2. Порівняння традиційних і екологічно чистих технологій :**

- Переваги та недоліки традиційних методів виробництва, порівняно з екологічно чистими технологіями (викиди, вартість, тривалість виробництва, енергоємність).

- Приклади екологічно чистих технологій у синтезі пластмас, агрохімікатів, фармацевтичних препаратів.

## **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **Вихідні дані для розрахунків**

Кожен здобувач отримує свій варіант вихідних даних для виробничого процесу на хімічному підприємстві. Наприклад:

#### **Виробництво аміаку (NH<sub>3</sub>) :**

##### **- Традиційний процес Габера-Боша**

- ККД реакції: 70%
- Споживання енергії: 5,000 кВт·год на тонну продукції
- Викиди CO<sub>2</sub>: 1.8 т/т NH<sub>3</sub>
- Споживання води: 300 м<sup>3</sup>/т NH<sub>3</sub>
- Відходи: 0.2 т твердих відходів на тонну

##### **- Екологічно чистий процес - електрохімічний синтез**

- ККД реакції: 85%
- Споживання енергії: 3,500 кВт·год на тонну продукції
- Викиди CO<sub>2</sub>: 0.5 т/т NH<sub>3</sub>
- Споживання води: 100 м<sup>3</sup>/т NH<sub>3</sub>
- Відходи: 0.05 т твердих відходів на тонну

### **Основні розрахункові завдання**

1. Розрахунок енергетичної ефективності традиційного та екологічно

чистого процесів :

Енергетична ефективності процесу (визначення питомих енерговитрат на одиницю продукції):

$$E_{\text{еф}} = \frac{E_{\text{спожите}}}{Q}$$

$E_{\text{еф}}$  — енергетична ефективність процесу (кВт·год/т або МДж/т),

$E_{\text{спожите}}$  — загальна спожита енергія для виробництва продукції (кВт·год або МДж),

$Q$  — кількість виробленої продукції (тонн).

Розрахунок коефіцієнта корисної дії (ККД):

$$\eta = \frac{E_{\text{корисне}}}{E_{\text{спожите}}} \times 100\%$$

$E_{\text{корисна}}$  — корисна енергія, яка використовується для виробництва продукції (кВт·год або МДж),

$E_{\text{спожита}}$  — загальна спожита енергія для виробництва продукції (кВт·год або МДж).

### **Додаткові завдання**

#### **1. Аналіз життєвого циклу (LCA) :**

- Використовуючи метод життєвого циклу, визначити, на якому етапі виробництва утворюється найбільша кількість забруднень, та запропонувати способи їх зменшення.

#### **2. Обговорення викликів і перспектив екологічно чистих технологій у хімічній промисловості :**

- Аналіз економічних і технічних обмежень впровадження екологічно чистих технологій.

- Обговорення можливостей для модернізації виробничих потужностей з метою зниження впливу на довкілля.

## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Що таке екологічно чисті технології у хімічній промисловості, і чим вони відрізняються від традиційних технологій?
2. Які основні принципи екологічно чистих технологій в хімічному виробництві? Наведіть приклади.
3. Як екологічно чисті технології можуть зменшити викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище?
4. Які альтернативні сировини використовуються в екологічно чистих технологіях у хімічній промисловості?
5. Які технології переробки відходів можуть бути впроваджені для зменшення екологічного впливу хімічних підприємств?
6. Які переваги та недоліки впровадження екологічно чистих технологій у хімічній промисловості для підприємств і суспільства в цілому?

## Практична робота № 4

# ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТЕ ВИРОБНИЦТВО У МЕТАЛУРГІЙНІЙ ГАЛУЗІ

### Мета роботи:

Сформуванню розуміння основних принципів екологічно чистого виробництва в металургійній галузі, розглянути існуючі та інноваційні технології для зниження негативного впливу металургійного виробництва на довкілля.

### Завдання роботи:

1. Ознайомитися з теоретичними основами екологічно чистого виробництва в металургії.
2. Виконати аналіз прикладів з використанням екологічно чистих технологій у металургії.
3. Розробити пропозиції щодо покращення екологічної ефективності металургійного виробництва.

## ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Металургійна галузь є однією з найбільших джерел забруднення повітря, води та ґрунту, зокрема через викиди діоксиду вуглецю, оксидів азоту та сірки, а також пилу й важких металів. Екологічно чисте виробництво спрямоване на зменшення цього впливу шляхом застосування новітніх технологій, які дозволяють знижувати викиди, оптимізувати споживання енергії та використовувати ресурси більш ефективно.

### Основні джерела забруднення у металургійній галузі:

- Викиди у повітря: традиційні процеси виробництва металів супроводжуються значними викидами CO<sub>2</sub>, пилу та шкідливих газів. Високотемпературні процеси плавлення руд потребують великих витрат енергії, що також впливає на обсяг викидів.
- Відходи та шлаки: металургійне виробництво генерує великі обсяги відходів, у тому числі шлаки, які можуть бути небезпечними для

довкілля.

- Для охолодження металів використовують значну кількість води, яка після використання може містити шкідливі речовини та потребує очищення.

### **3. Екологічно чисті технології у виробництві металів:**

- Електродугове виробництво : ця технологія дозволяє знижувати викиди CO<sub>2</sub> шляхом плавлення металобрухту в електродугових печах замість використання вугілля та коксу.

- Використання відновлюваних джерел енергії: встановлення сонячних або вітрових електростанцій для живлення виробничих процесів дозволяє знижувати залежність від викопного палива.

- Замкнені водяні цикли: застосування систем очищення та повторного використання води дозволяє знижувати споживання води та викиди забруднень у водойми.

### **4. Принципи оптимізації ресурсів у металургії :**

- Вторинне використання відходів: шлаки та інші відходи можуть бути використані як вторинні матеріали, наприклад, у будівництві.

- Заміна традиційного палива: використання більш чистих видів палива або електроенергії для скорочення викидів парникових газів.

- Підвищення енергоефективності: удосконалення обладнання та процесів для зниження витрат енергії (наприклад, використання рекуператорів тепла для нагрівання повітря або газів у процесі виробництва).

## **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

Здобувачі об'єднуються в міні-групи (по 2-3 здобувача). Кожна група готує презентацію з однієї із запропонованих тем на основі реальних прикладів підприємств металургійної галузі:

### **1. Оцінка викидів та використання низьковуглецевих технологій:**

Розгляньте технології, які дозволяють скоротити викиди CO<sub>2</sub>, та

обґрунтуйте їх застосування в сучасному виробництві.

## **2. Вторинне використання матеріалів та ресурсів:**

Дослідження можливості повторного використання шлаків, металобрухту та інших відходів для зменшення потреби у сировині та зниження обсягу відходів.

## **3. Зниження споживання енергії в процесі виробництва:**

Оцінка потенціалу використання енергоощадного обладнання та технологій рекуперації тепла, які дозволяють скорочувати витрати енергії.

## **4. Системи очищення води та зниження забруднення водою :**

Аналіз використання замкнених водяних циклів та сучасних технологій для очищення стічних вод в металургії.

## **5. Впровадження відновлюваних джерел енергії на підприємствах металургії:**

Розгляд варіантів використання відновлюваних джерел енергії на виробництві, таких як сонячна та вітрова енергія, і оцінка їхньої економічної ефективності.

На завершення заняття проводиться загальне обговорення, під час якого здобувачі освіти можуть поділитися своїми враженнями та думками про вивчене. Під час загального обговорення зверніть увагу на наступні питання:

- Які технології в металургійній галузі ви вважаєте найбільш перспективними для України?

- Які труднощі можуть виникнути при впровадженні екологічно чистих технологій?

## **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ**

1. Які основні принципи екологічно чистого виробництва у металургійній галузі?

2. Які технології використовуються для зниження викидів забруднюючих речовин у процесах виробництва металу?

3. Як повторне використання вторинної сировини впливає на

екологічність металургійного виробництва?

4. Які альтернативні енергоносії можуть бути застосовані в екологічно чистих технологіях металургії?

5. Які методи очищення відходів металургійного виробництва можуть бути впроваджені для зменшення його екологічного впливу?

6. Які переваги впровадження екологічно чистих технологій у металургійній галузі для підприємств та навколишнього середовища?

## Практична робота № 5

### ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ЧАВУНУ

**Мета роботи:** ознайомитись з традиційними та екологічно чистими технологіями виробництва чавуну, а також їх впливом на навколишнє середовище. Розвинути навички аналізу та пропозицій щодо впровадження екологічних технологій у чавуноплавильній промисловості.

Завдання роботи:

- Вивчити традиційні технології виробництва чавуну.
- Ознайомитись з екологічно чистими технологіями та їх перевагами.
- Виконати практичні завдання щодо оцінки впровадження екологічних технологій.

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### Традиційні технології виробництва чавуну

Традиційне виробництво чавуну зазвичай здійснюється в доменних печах, де сировини (залізна руда, кокс, флюси) нагріваються до високих температур. Основні етапи включають:

Завантаження сировини - Процес горіння - Отримання чавуну

Залізна руда та кокс завантажуються в доменну піч, кокс згоряє, виділяючи тепло, що дозволяє відновлювати залізо з руди. Чавун, що утворюється, витікає з печі і підлягає подальшій обробці.

*Недоліки традиційних технологій:*

- Викиди забруднюючих речовин: процес виробництва супроводжується викидами CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> та пилу.
- Споживання ресурсів: Високі витрати на первинні сировини та енергію.
- Відходи: Утворення значних обсягів відходів, що потребують утилізації.

## **2. Екологічно чисті технології виробництва чавуну**

Екологічно чисті технології виробництва чавуну спрямовані на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Основні напрямки:

### **2.1. Використання вторинних ресурсів:**

- Шлаки та окалина: переробка відходів для повторного використання в виробничих процесах.
- Металеві відходи: використання вторинних металів у виробництві чавуну.

### **2.2. Технології зниження викидів**

- Системи очистки викидів: впровадження фільтрів та очищення викидів до їх потрапляння в атмосферу.
- Безвідходні технології: запровадження замкнених циклів у виробництві.

### **2.3. Підвищення енергоефективності**

- Відновлювальні джерела енергії: Використання сонячної та вітрової енергії для зменшення споживання традиційних енергоносіїв.
- Оптимізація процесів: Вдосконалення технологій для зменшення витрат енергії.

### **2.4. Очищення відходів та їх повторне використання**

- Шлаки як добавки: Використання шлаків у будівництві або для виготовлення цементу.
- Утилізація окалини: Переробка окалини для виробництва металевих виробів або як сировини для інших галузей.

## **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **1. Завдання для групової роботи**

#### **Група 1: Аналіз традиційних технологій**

Завдання:

Здійснити аналіз традиційних технологій виробництва чавуну,

вказавши їх переваги та недоліки.

- Написати звіт (1-2 сторінки) з аналізом, включаючи таблицю, що містить традиційні технології та їх екологічні наслідки.

### **Група 2: Дослідження екологічних технологій**

Завдання:

Вивчити та описати одну з екологічно чистих технологій, що застосовується у виробництві чавуну.

- Підготувати презентацію (до 10 слайдів), де буде описано технологію, її переваги, недоліки, приклади впровадження на підприємствах.

### **Група 3: Розробка плану впровадження**

Завдання:

Розробити план впровадження екологічно чистих технологій на прикладі конкретного підприємства.

Скласти детальний план (3-5 сторінок), що міститиме:

- Аналіз поточного стану підприємства.
- Перелік технологій для впровадження.
- Рекомендації щодо реалізації плану, включаючи бюджет та терміни.

## **2. Презентація результатів**

Кожна група має презентувати свої результати в аудиторії. Презентації повинні супроводжуватись обговоренням, під час якого інші здобувачі можуть ставити запитання та надавати коментарі.

На завершення заняття проводиться загальне обговорення, під час якого здобувачі освіти можуть поділитися своїми враженнями та думками про вивчене. Під час загального обговорення зверніть увагу на наступні питання:

- Які технології ви вважаєте найбільш перспективними для України?
- Які труднощі можуть виникнути при впровадженні екологічних технологій на підприємствах?

**ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

1. Які основні екологічно чисті технології використовуються у виробництві чавуну?
2. Яка роль вторинних сировин у процесах екологічно чистого виробництва чавуну?
3. Які методи зниження викидів забруднюючих речовин застосовуються у виробництві чавуну?
4. Як впровадження нових технологій може підвищити енергоефективність виробництва чавуну?
5. Які технології очищення відходів можуть бути використані для зменшення екологічного впливу чавуноплавильних процесів?
6. Які переваги має екологічно чисте виробництво чавуну для підприємств і навколишнього середовища?

## Практична робота № 6

### ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ У МАШИНОБУДУВАННІ

**Мета роботи:** ознайомитись з традиційними та екологічно чистими технологіями у машинобудуванні, а також їх впливом на навколишнє середовище. Розвинути навички аналізу та пропозицій щодо впровадження екологічних технологій у машинобудівній промисловості.

**Завдання роботи:**

1. Вивчити традиційні технології у машинобудуванні.
2. Ознайомитися з екологічно чистими технологіями та їх перевагами.
3. Виконати практичні завдання щодо оцінки впровадження екологічних технологій.

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### 1.1. Традиційні технології у машинобудуванні

Традиційні технології в машинобудуванні часто базуються на процесах, які споживають великі обсяги енергії і викликають значні викиди забруднюючих речовин. Основні етапи включають:

- Обробка матеріалів: використання механічних, термічних та хімічних процесів для обробки металів і сплавів.
- Збирання та монтаж: збірка компонентів машин і механізмів, що часто супроводжується відходами.
- Фінішна обробка: завершальна обробка виробів, яка може включати фарбування, покриття, зварювання тощо.

#### Недоліки традиційних технологій

- Викиди забруднюючих речовин: виробничі процеси супроводжуються викидами CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, а також твердих часток і шкідливих хімічних речовин.
- Споживання ресурсів: високі витрати на первинні сировини,

енергію та воду.

- Відходи: утворення значних обсягів небезпечних відходів, які потребують утилізації.

## **1.2. Екологічно чисті технології у машинобудуванні**

Екологічно чисті технології у машинобудуванні спрямовані на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Основні напрямки:

### **1.2.1. Впровадження нових матеріалів**

- Легкі сплави: Використання легких сплавів, таких як алюміній і композити, для зменшення ваги виробів та енергоспоживання.

- Регенеративні матеріали: Виробництво з вторинних сировин, що зменшує потребу в первинних ресурсах.

### **1.3.1. Енергоефективні технології**

- Автоматизація та роботизація: Впровадження автоматизованих систем і роботів для зменшення споживання енергії та підвищення точності.

- Відновлювальні джерела енергії: Використання сонячних, вітрових та інших відновлювальних джерел енергії в виробничих процесах.

### **1.4.1. Екологічні методи обробки**

- Безвідходні технології: Використання замкнених циклів виробництва, що дозволяє максимально зменшити відходи.

- Екологічні покриття: Використання покриттів на водній основі або безвуглецевих технологій, що зменшує викиди шкідливих хімікатів.

### **1.5.1. Управління відходами**

- Переробка відходів: Впровадження системи збору та переробки виробничих відходів для повторного використання.

- Екологічне управління: Впровадження системи управління навколишнім середовищем (наприклад, ISO 14001) для контролю викидів і відходів.

## **ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА**

### **Завдання для групової роботи**

#### **Група 1: Аналіз традиційних технологій**

Завдання: провести аналіз традиційних технологій у машинобудуванні, вказавши їх переваги та недоліки.

Написати звіт (1-2 сторінки) з аналізом, включаючи таблицю, що порівнює традиційні технології та їх екологічні наслідки.

#### **Група 2: Дослідження екологічних технологій**

Завдання: Вивчити та описати одну з екологічно чистих технологій, що застосовується у машинобудуванні (наприклад, роботизація чи безвідходні технології).

Підготувати презентацію (10 слайдів), де буде описано технологію, її переваги, недоліки, приклади впровадження на підприємствах.

#### **Група 3: Розробка плану впровадження**

Завдання: Розробити план впровадження екологічно чистих технологій на прикладі конкретного підприємства машинобудування.

Скласти детальний план (3-5 сторінок), що міститиме: Аналіз поточного стану підприємства; перелік технологій для впровадження; рекомендації щодо реалізації плану, включаючи бюджет та терміни.

### **2. Презентація результатів**

Кожна група має презентувати свої результати в аудиторії. Презентації повинні супроводжуватись обговоренням, під час якого інші здобувачі можуть ставити запитання та надавати коментарі.

На завершення заняття проводиться загальне обговорення, під час якого здобувачі можуть поділитись своїми враженнями та думками про вивчене. Питання, які треба врахувати під час обговорення:

- Які технології ви вважаєте найбільш перспективними для машинобудування в Україні?

- Які труднощі можуть виникнути при впровадженні екологічних технологій на підприємствах?

**ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

1. Які основні принципи екологічно чистих технологій у машинобудуванні?
2. Які методи використовуються для зменшення відходів у процесах машинобудування?
3. Як екологічно чисті технології впливають на енергоефективність машинобудівних підприємств?
4. Які альтернативні матеріали можуть бути використані для зменшення екологічного впливу у машинобудуванні?
5. Які методи переробки відходів машинобудування можуть бути застосовані для покращення екологічної ситуації?
6. Які переваги впровадження екологічно чистих технологій у машинобудівній галузі для підприємств та суспільства в цілому?

## **Практична робота № 7**

# **ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРОННІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Мета роботи:** ознайомитись із традиційними та екологічно чистими технологіями в електронній промисловості, їх впливом на навколишнє середовище, а також розвинути навички аналізу та впровадження екологічних рішень.

### **Завдання роботи:**

1. Вивчити традиційні технології в електронній промисловості.
2. Ознайомитись з екологічно чистими технологіями та їх перевагами.
3. Виконати практичні завдання.

## **ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

### **1.1. Традиційні технології в електронній промисловості**

Традиційні технології виробництва електроніки характеризуються використанням матеріалів і процесів, що можуть бути шкідливими для навколишнього середовища. Основні етапи включають:

- Виготовлення компонентів: процеси, такі як фотолітографія, травлення, і формування, які часто використовують небезпечні хімічні речовини.
- Монтаж і збирання: процеси збирання компонентів у плату, які можуть викликати відходи.
- Тестування: перевірка якості виробів, що часто супроводжується використанням токсичних матеріалів для тестування.

### **Недоліки традиційних технологій**

- Викиди забруднюючих речовин: процеси виробництва супроводжуються викидами токсичних хімічних речовин.
- Витрати ресурсів: висока енергомісткість і споживання сировини.

- Утворення відходів: виробництво електроніки генерує значні обсяги небезпечних відходів.

## **1.2. Екологічно чисті технології в електронній промисловості**

Екологічно чисті технології в електронній промисловості орієнтовані на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Основні напрямки:

### **1.2.1. Використання екологічно-безпечних матеріалів**

- Безсвинцеві сплави: заміна свинцевих припоїв на безсвинцеві альтернативи, що зменшує токсичність.

- Регенеративні матеріали: використання вторинних сировин для виготовлення нових компонентів.

### **1.2.2. Чисті виробничі процеси**

- Хімічна обробка без токсичних відходів: впровадження нових методів обробки, що зменшують використання небезпечних хімікатів.

- Замкнені цикли: використання систем замкненого циклу для зменшення відходів і повторного використання ресурсів.

### **1.2.3. Енергоефективність**

- Сонячні елементи: використання сонячної енергії для живлення виробництв.

- Енергоефективні компоненти: розробка енергоефективних мікросхем та пристроїв, що зменшують споживання електроенергії.

### **1.2.4. Управління відходами**

- Переробка електроніки: впровадження програм збору та переробки електронних відходів.

- Екологічні норми: дотримання міжнародних стандартів на обмеження на використання небезпечних речовин).

## **Практична частина**

Завдання для групової роботи:

### **Група 1: Аналіз традиційних технологій**

Завдання: Провести аналіз традиційних технологій у виробництві електроніки, вказавши їх переваги та недоліки.

Написати звіт (1-2 сторінки) з аналізом, включаючи таблицю, що порівнює традиційні технології та їх екологічні наслідки.

### **Група 2: Дослідження екологічно-чистих технологій**

Завдання: Вивчити та описати одну з екологічно чистих технологій, що застосовується в електронній промисловості (наприклад, безсвинцеві сплави або замкнені цикли).

Підготувати презентацію (до 10 слайдів), де буде описано технологію, її переваги, недоліки, приклади впровадження на підприємствах.

### **Група 3: Розробка плану впровадження**

Завдання: Розробити план впровадження екологічно чистих технологій на прикладі конкретного підприємства електроніки.

Скласти детальний план (3-5 сторінок), що міститиме:

- Аналіз поточного стану підприємства.
- Перелік технологій для впровадження.
- Рекомендації щодо реалізації плану.

## **2. Презентація результатів**

Кожна група має презентувати свої результати в аудиторії. Презентації повинні супроводжуватись обговоренням, під час якого інші здобувачі освіти можуть ставити запитання та надавати коментарі.

На завершення заняття проводиться загальне обговорення, під час якого здобувачі можуть поділитися своїми враженнями та думками про вивчене. Обов'язково під час обговорення враховуються наступні питання:

- Які технології ви вважаєте найбільш перспективними для електронної промисловості в Україні?
- Які труднощі можуть виникнути при впровадженні екологічних технологій на підприємствах?

## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Які основні екологічні проблеми пов'язані з виробництвом електроніки, і як екологічно чисті технології можуть їх вирішити?
2. Які технології утилізації та переробки електронних відходів існують у сучасній електронній промисловості?
3. Які матеріали використовуються для зменшення екологічного впливу у виробництві електронних компонентів?
4. Які інновації у виробничих процесах можуть сприяти підвищенню енергоефективності в електронній промисловості?
5. Які альтернативні підходи можуть бути застосовані для зменшення викидів забруднюючих речовин при виробництві електроніки?
6. Які переваги та виклики впровадження екологічно чистих технологій у електронній промисловості для підприємств і споживачів?

## Практична робота № 8

### ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТІ ТЕХНОЛОГІЇ У АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**Мета роботи:** ознайомитись з традиційними та екологічно чистими технологіями в аграрному виробництві, їх впливом на навколишнє середовище, а також розвинути навички аналізу та впровадження екологічних рішень у сільському господарстві.

#### **Завдання роботи:**

1. Вивчити традиційні технології в аграрному виробництві.
2. Ознайомитися з екологічно чистими технологіями та їх перевагами.
3. Виконати практичні завдання, спрямовані на оцінку впровадження екологічних технологій у виробництві.

### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

#### **1.1. Традиційні технології в аграрному виробництві**

Традиційні аграрні технології включають методи вирощування рослин і тварин, які часто супроводжуються інтенсивним використанням хімічних добрив, пестицидів і ресурсів. Основні етапи включають:

- Обробка ґрунту: використання механічних засобів обробки та застосування синтетичних добрив.
- Посів і вирощування: застосування хімічних засобів захисту рослин для боротьби зі шкідниками та хворобами.
- Збирання врожаю: використання важкої техніки, що може спричинити ущільнення ґрунту.

#### **Недоліки традиційних технологій**

- Забруднення довкілля: викиди хімічних речовин у повітря та воду, що завдає шкоди екосистемам.
- Зниження родючості ґрунту: інтенсивне використання добрив призводить до виснаження ґрунту.

- Скорочення біорізноманіття: вплив на місцеву флору і фауну через використання пестицидів.

## **1.2. Екологічно чисті технології в аграрному виробництві**

Екологічно чисті технології у сільському господарстві спрямовані на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Основні напрямки:

### **1.2.1. Органічне землеробство**

- Використання органічних добрив: Застосування компосту, гною та зелених добрив замість синтетичних.

- Сівозміна та підсів: Порядок чергування культур для покращення структури ґрунту та зменшення шкідників.

### **1.2.2. Природні методи захисту рослин**

- Біологічний контроль: Використання природних ворогів шкідників (наприклад, паразитичних ос) для контролю їх чисельності.

- Селекція стійких сортів: Вирощування сортів, які мають природну стійкість до хвороб і шкідників.

### **1.2.3. Водозберігаючі технології**

- Крапельне зрошення: Система поливу, що дозволяє зменшити споживання води.

- Зберігання дощової води: Використання резервуарів для збору і зберігання дощової води.

### **1.2.4. Енергозберігаючі технології**

- Використання відновлювальних джерел енергії: Наприклад, сонячні панелі для забезпечення електроенергією агропідприємств.

- Агродослідження: Використання сучасних технологій для моніторингу та управління ресурсами.

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Завдання для групової роботи

### **Група 1: Аналіз традиційних технологій**

**Завдання:** Провести аналіз традиційних технологій у аграрному виробництві, вказавши їх переваги та недоліки.

Написати звіт (1-2 сторінки) з аналізом, включаючи таблицю, що порівнює традиційні технології та їх екологічні наслідки.

### **Група 2: Дослідження екологічно-чистих технологій**

**Завдання:** Вивчити та описати одну з екологічно чистих технологій, що застосовується в аграрному виробництві (наприклад, органічне землеробство або капельне зрошення).

Підготувати презентацію (до 10 слайдів), де буде описано технологію, її переваги, недоліки, приклади впровадження на підприємствах.

### **Група 3: Розробка плану впровадження**

**Завдання:** Розробити план впровадження екологічно чистих технологій на прикладі конкретного агропідприємства.

Скласти детальний план (3-5 сторінок), що міститиме:

- Аналіз поточного стану підприємства.
- Перелік технологій для впровадження.
- Рекомендації щодо реалізації плану.

### **2. Презентація результатів**

Кожна група має презентувати свої результати в аудиторії. Презентації повинні супроводжуватись обговоренням, під час якого інші здобувачі освіти можуть ставити запитання та надавати коментарі.

На завершення заняття провобиться загальне обговорення, під час якого здобувачі можуть поділитися своїми враженнями та думками про вивчене. Питання для обговорення:

- Які технології ви вважаєте найбільш перспективними для аграрного виробництва в Україні?
- Які труднощі можуть виникнути при впровадженні екологічних

технологій на підприємствах?

### **ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ:**

1. Які основні принципи екологічно чистих технологій у аграрному виробництві?
2. Які методи органічного землеробства можуть бути використані для зменшення використання хімічних добрив і пестицидів?
3. Як технології водозбереження впливають на екологічність аграрного виробництва?
4. Які альтернативні джерела енергії можуть бути використані в аграрному секторі для зменшення вуглецевого сліду?
5. Які методи управління відходами аграрного виробництва сприяють екологічній чистоті та сталому розвитку?
6. Які переваги і виклики впровадження екологічно чистих технологій у аграрному виробництві для фермерів і суспільства в цілому?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

## Основні:

1. Довідковий документ з найкращих доступних технологій та методів управління (НДТМ) для виробництва чавуну та сталі. Директива 2010/75/ЄС «Про промислове забруднення (інтегроване запобігання та контроль забруднення)» Райнер Ремус, Мігель А. Агуадо-Монсоне, Серж Рудьє, Луїс Дельгадо Санчо. - Люксембург: Відділ публікацій Європейського Союзу, 2013. – 606 с. <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2024/04/v4NDTM-CHavun-ta-stal-Final-1.pdf>
2. Оцінювання ефективності споживання енергетичних ресурсів промислових підприємств [Текст] / [авт.-уклад. : І. Ю. Єпіфанова, В. В. Джеджула // Стан та проблеми функціонування підприємницьких структур в умовах перманентної економіки : кол. монографія / під ред. Ю.О. Нестерук. – Умань : Сочінський М. М., 2016. – С. 97-103.
3. Ковальов М.М., Медведєва О.В., Кропівний В.М., Мірзак Т.П. Біодеградація органічних побутових відходів за допомогою вермикомпостування. Аграрні інновації Рецензований науковий журнал. №22. 2023. Видавничий дім «Гельветика», С.63-68. <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/523/546>
4. Ковальов М.М., Медведєва О.В., Кропівний В.М., Мірзак Т.П. Трансформація чорнозему типового в результаті сільськогосподарського використання. Аграрні інновації Рецензований науковий журнал. №21. 2023. Видавничий дім «Гельветика», С.43-50. <http://agrarian-innovations.izpr.ks.ua/index.php/agrarian/article/view/489/512>
5. Кропівний В.М. Термодинамічні закономірності структуроутворення високоміцного чавуну при модифікуванні та різних умовах кристалізації розплаву / В.М. Кропівний, М.В. Босий, О.В. Кузик, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 9(40), ч.І. С. 27-36. [https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9\(40\)\\_I/5.pdf](https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9(40)_I/5.pdf)
6. Миколюк О. А. Оцінка ефективності використання енергоресурсів на підставі аналізу енергоємності виробництва / О. А. Миколюк / Вісник Хмельницького національного університету. – 2009. – Т1. – № 5. – С. 104–107.
7. Надтока Т. Б. Енергетична безпека підприємства як інструмент забезпечення його сталого соціально-економічного розвитку / Т. Б. Надтока, О. В. Амелтицька // Економіка і організація управління. – 2010. – №2(8). – С. 15–24.

### Додаткові:

1. Мазур І. М. Аналіз енергетичної безпеки підприємства: теоретичні та практичні засади / І. М. Мазур // Ефективна економіка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2822>
2. Волошко А. В. Проблеми вибору оптимальної математичної моделі енергоспоживання на промислових підприємствах / А.В. Волошко, Я. С. Бедерак, Т. М. Лутчин / ВЕЖПТ. – 2013. – №8(65). – С. 19–23.
3. Ляпота К. П. Факторний аналіз енергоспоживання підприємств харчової промисловості / К. П. Ляпота, О. В. Масіч / Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. – 2011. – № 1. – С. 188–189.
4. Паливно-енергетичні баланси промислових підприємств: ДСТУ 4714:2007. – К. : Держспоживстандарт України. 2007. – С. 24.
5. Паливно-енергетичні баланси промислових підприємств: ДСТУ 4714:2007. – К. : Держспоживстандарт України. 2007. – С. 24.
6. М.В. Босий, В.М. Кропівний, О.В. Кузик. Термодинамічне дослідження циклу теплового насоса «грунт-вода» для системи опалення приміщення // Науковий журнал Вісник Кременчуцького національного університета ім. М. Остроградського. 2022. №1 (132). С. 165-172 (категорія «Б») DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2022.1.22>
7. М.В. Босий. Термодинамічна енергоефективність парокompресійного теплового насоса на ґрунтових водах / М.В. Босий, В.М. Кропівний, О.В. Кузик, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 5(36), ч. I. С. 47-54. [http://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/5\(36\)\\_I/7.pdf](http://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/5(36)_I/7.pdf)
8. В.М. Ломакін Дослідження та порівняльний аналіз зносостійкості литих мелючих тіл з хромистих чавунів / В.М. Ломакін, В. М. Кропівний, В.В. Пукалов, А.В. Кропівна, Л.А. Молокост. // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 5(36), ч. II. С. 51-57. [http://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/5\(36\)\\_II/9.pdf](http://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/5(36)_II/9.pdf)