

Міністерство освіти та науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Кафедра водопостачання, водовідведення та бурової справи

03-06-192М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Відновлювальні та альтернативні джерела енергії»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньою програмою «Біотехнології, біоробототехніка та
біоенергетика» спеціальності 162 «Біотехнології та
біоінженерія» денної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з
якості НІІ будівництва та
архітектури
Протокол № 6 від 17.02.2026 р.

Рівне – 2026

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Відновлювальні та альтернативні джерела енергії» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньою програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» денної форми навчання [Електронне видання] / Буднік З. М. Рівне : НУВГП, 2026. 39 с.

Укладачі: Буднік З. М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Відповідальний за випуск: Мартинов С. Ю., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи.

Керівник групи забезпечення освітньо-професійної програми першого (освітньо-професійного) рівня за освітньою програмою «Біотехнології, біоробототехніка та біоенергетика» спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» к.т.н., доцент Грицина О. О.

© З. М. Буднік, 2026

© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2026

ЗМІСТ

Вступ	3
Практична робота №1. Оцінка енергоспоживання та енергетичного балансу об'єкта	5
Практична робота №2. Розрахунок енергетичного потенціалу біомаси рослинного походження	8
Практична робота №3. Визначення теплотворної здатності біопалива	10
Практична робота №4. Моделювання виробництва біогазу з органічних відходів	13
Практична робота №5. Аналіз ефективності біогазової установки	16
Практична робота №6. Розрахунок потенціалу сонячної енергії для конкретного регіону	19
Практична робота №7. Оцінка ефективності фотоелектричної системи	21
Практична робота №8. Розрахунок вітроенергетичного потенціалу місцевості	24
Практична робота №9. Порівняльний аналіз відновлюваних та традиційних джерел енергії	26
Практична робота №10. Оцінка викидів парникових газів при використанні різних видів палива	30
Практична робота №11. Розробка концепції біоенергетичного проекту	32
Практична робота №12. Аналіз перспектив впровадження ВДЕ у біотехнологічних виробництвах	35
Список використаної літератури	38

ВСТУП

Відновлювальні та альтернативні джерела енергії є одним із пріоритетних напрямів сучасної науки та техніки, що забезпечує сталий розвиток суспільства та зменшення негативного впливу на довкілля від традиційних енергетичних

ресурсів. Зростаюча потреба у чистій енергії, глобальні проблеми кліматичних змін та необхідність енергетичної незалежності зумовлюють особливу актуальність вивчення біоенергетичних технологій та інтеграції відновлюваних джерел у промислові та локальні енергетичні системи.

Для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 162 «Біотехнології та біоінженерія» знання і практичні навички у сфері відновлюваних джерел енергії є важливими складовими формування професійних компетентностей, оскільки вони дозволяють оцінювати потенціал біомаси та біопалива, моделювати біоенергетичні процеси, розраховувати енергетичні баланси та оцінювати економічну та екологічну ефективність технологій.

Метою виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Відновлювальні та альтернативні джерела енергії» є закріплення теоретичних знань, отриманих під час лекційного курсу, та набуття навичок проведення розрахунків, експериментального оцінювання та моделювання енергетичних систем, що базуються на біомасі, біопаливі, сонячній, вітровій та геотермальній енергії. Методичні вказівки забезпечують поетапне виконання практичних робіт, містять рекомендації щодо організації експериментів, використання лабораторного обладнання, проведення розрахунків та обробки результатів, а також включають контрольні питання для самоперевірки та аналізу отриманих даних.

В процесі роботи студенти формують здатність аналізувати технологічні та екологічні аспекти впровадження відновлюваних джерел енергії, оцінювати енергоефективність і економічну доцільність різних видів технологій, а також дотримуватися правил безпеки і екологічної відповідальності при роботі з біомасою, біопаливом та обладнанням. Набуті знання та практичні уміння сприяють розвитку компетентностей, необхідних для професійної діяльності у сфері біотехнології та біоенергетики, підвищують здатність до

самостійного прийняття рішень, планування та оптимізації енергетичних процесів, а також готують студентів до участі у проектуванні та впровадженні інноваційних біоенергетичних рішень в промислових і локальних системах енергопостачання.

Таким чином, виконання практичних робіт є невід'ємною складовою навчального процесу, що дозволяє інтегрувати теоретичні знання з практичними навичками та сформувати фундамент для подальшого професійного розвитку у сфері відновлюваних та альтернативних джерел енергії.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

ОЦІНКА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ОБ'ЄКТА

Метою роботи є формування навичок аналізу енергоспоживання об'єкта, розрахунку енергетичного балансу, а також оцінки потенційних можливостей впровадження відновлюваних джерел енергії для підвищення енергоефективності.

Після виконання роботи студент повинен:

- вміти визначати структуру енергоспоживання об'єкта;
- розраховувати енергетичний баланс на основі даних про споживання енергії;
- оцінювати потенціал економії енергії та використання ВДЕ;
- аналізувати результати та робити висновки щодо ефективності енергетичних систем.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з методикою обліку енергоспоживання об'єкта.
2. Зібрати та систематизувати дані щодо споживання енергії за окремими видами (електроенергія, тепло, паливо).
3. Виконати розрахунок загального енергоспоживання об'єкта.

4. Скласти енергетичний баланс: співвідношення джерел енергії, втрат та використання.

5. Провести порівняльний аналіз: потенціал впровадження ВДЕ та енергоефективних заходів.

6. Оформити результати у вигляді таблиць та графіків.

Обладнання та матеріали:

- Дані про споживання енергії (з комерційних чи навчальних джерел).

- Калькулятор або ПК із встановленим Excel / Google Sheets.

- Таблиці та шаблони для складання енергетичного балансу.

- Методичні матеріали з розрахунку енергетичних показників та коефіцієнтів ефективності.

Методика виконання роботи

Збір даних

1. Визначити об'єкт аналізу (наприклад, лабораторія, навчальна аудиторія, мале підприємство).

2. Зібрати інформацію про споживання енергоресурсів за певний період (добу, місяць, рік).

3. Розділити енергоспоживання за категоріями:

- електроенергія (кВт·год);
- тепло (Гкал або кВт·год);
- паливо (л, кг, або кВт·год).

Розрахунок загального енергоспоживання

1. Всі види енергії перевести в одну енергетичну одиницю (наприклад, кВт·год).

2. Скласти зведену таблицю споживання енергії.

3. Розрахувати частку кожного джерела в загальному енергоспоживанні:

$$\eta_i = \frac{E_i}{E_{\text{заг}}} \times 100\%,$$

де E_i — споживання i -го виду енергії, $E_{\text{заг}}$ — сумарне споживання.

Складання енергетичного балансу

1. Визначити входи енергії (зовнішні джерела) та виходи (споживання, втрати).
2. Побудувати схему енергетичних потоків об'єкта.
3. Визначити коефіцієнт використання енергії:

$$K = \frac{E_{\text{корисне}}}{E_{\text{заг}}} \times 100\%,$$

де $E_{\text{корисне}}$ — енергія, яка використовується безпосередньо для технологічних процесів або освітлення, опалення тощо.

Аналіз та оцінка потенціалу ВДЕ

1. На основі отриманого балансу визначити, яку частку енергії можна замінити сонячними панелями, біомасою або вітровою енергією.
2. Провести попередній розрахунок економії енергії та зменшення викидів CO_2 при впровадженні ВДЕ.

Оформлення результатів

Результати роботи оформлюються у вигляді:

- таблиці споживання енергії за видами;
- діаграм часток енергоспоживання;
- схеми енергетичних потоків об'єкта;
- короткого звіту з висновками щодо ефективності енергоспоживання та потенціалу впровадження ВДЕ.

Контрольні питання

1. Що таке енергетичний баланс об'єкта і для чого він використовується?
2. Які основні види енергії слід враховувати при оцінці енергоспоживання?
3. Як перевести різні види енергії в єдину енергетичну одиницю?
4. Що показує коефіцієнт використання енергії і як його розрахувати?
5. Які види відновлюваних джерел енергії можуть замінити традиційні для об'єкта аналізу?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІОМАСИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Метою роботи є формування у студентів навичок оцінки енергетичного потенціалу біомаси, визначення теплотворної здатності різних видів рослинної сировини та розрахунок її ефективності для використання у біоенергетиці. Під час роботи студенти набувають компетентностей у зборі, обробці та аналізі даних щодо енергетичних ресурсів біомаси, що є важливим елементом професійної підготовки у сфері біоенергетики.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з характеристиками різних видів рослинної біомаси (солома, енергетичні культури, агровідходи).
2. Визначити маси сировини для розрахунку енергетичного потенціалу.
3. Зібрати дані щодо теплотворної здатності різних видів біомаси.
4. Розрахувати енергетичний потенціал біомаси за формулою:

$$E=M \cdot Q$$

де:

E — енергетичний потенціал, кВт·год;

M — маса біомаси, кг;

Q — теплотворна здатність, кВт·год/кг.

5. Порівняти потенціал різних видів біомаси та оцінити їх ефективність для використання в енергетиці.
6. Оформити результати у вигляді таблиць та графіків.

Обладнання та матеріали

- Дані щодо видів та маси біомаси (наприклад, солома, кукурудзяний силос, лушпиння насіння).
- Таблиці теплотворної здатності різних видів біомаси (з методичних матеріалів або літератури).
- Калькулятор або ПК з Excel / Google Sheets для розрахунків.

- Методичні рекомендації щодо розрахунку енергетичного потенціалу.

Методика виконання роботи

Вибір і підготовка сировини

1. Обрати види біомаси для аналізу.
2. Визначити маси кожного виду сировини у кг (можна використовувати середні показники за літературними джерелами або дані експерименту).

Збір даних про теплотворну здатність

1. Взяти значення теплотворної здатності (Q) для кожного виду біомаси:
 - солома – 3,8–4,0 кВт·год/кг;
 - силос кукурудзяний – 3,5–3,7 кВт·год/кг;
 - деревні відходи – 4,2–4,5 кВт·год/кг.
2. При необхідності, виконати середньозважене значення Q для змішаних видів біомаси.

Розрахунок енергетичного потенціалу

1. Для кожного виду біомаси застосувати формулу:

$$E_i = M_i \cdot Q_i$$

де E_i — енергетичний потенціал конкретного виду, M_i — маса, Q_i — теплотворна здатність.

2. Підсумувати енергетичний потенціал всіх видів, щоб отримати загальний потенціал біомаси:

$$E_{\text{заг}} = \sum E_i$$

3. Визначити частку кожного виду біомаси у загальному потенціалі:

$$4. \eta_i = \frac{E_i}{E_{\text{заг}}} \times 100\%$$

Оформлення результатів

Результати роботи оформлюються у вигляді:

- таблиці з масами біомаси, теплотворною здатністю та розрахованим енергетичним потенціалом;
- графіка частки кожного виду біомаси у загальному енергетичному потенціалі;

- короткого звіту з висновками щодо ефективності використання різних видів біомаси.

Приклад таблиці:

Вид біомаси	Маса, кг	Теплотворна здатність, кВт·год/кг	Енергетичний потенціал, кВт·год	Частка, %
Солома	1000	3,9	3900	39
Силос кукурудзяний	800	3,6	2880	29
Деревні відходи	600	4,3	2580	26
Інші	200	3,8	760	6
Всього	2600	—	10120	100

Контрольні питання

1. Що таке енергетичний потенціал біомаси і які фактори на нього впливають?
2. Як визначити теплотворну здатність рослинної сировини?
3. Як розрахувати частку конкретного виду біомаси у загальному енергетичному потенціалі?
4. Які види рослинної біомаси є найбільш ефективними для виробництва енергії?
5. Які переваги та обмеження використання різних видів біомаси для біоенергетики?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ БІОПАЛИВА

Метою роботи є формування у студентів практичних навичок вимірювання теплотворної здатності різних видів біопалива, розрахунку його енергетичного потенціалу та оцінки ефективності для використання у біоенергетиці.

Виконання роботи дозволяє закріпити знання про властивості біопалива та його роль у відновлюваних джерелах енергії.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з видами біопалива (тверде, рідке, гранульоване).
2. Підготувати зразки біопалива для проведення експерименту.
3. Виконати визначення теплотворної здатності за допомогою колориметра або альтернативних лабораторних методик.
4. Розрахувати енергетичний потенціал обраного біопалива.
5. Провести порівняльний аналіз отриманих значень для різних видів біопалива.
6. Оформити результати у вигляді таблиць та графіків.

Обладнання та матеріали

- Лабораторний колориметр фотоелектричний.
- Зразки біопалива:
 - тверде (солома, деревні пелети, торф'яні брикети);
 - рідке (біодизель, біоетанол);
 - гранульоване (біопаливні гранули).
- Ваги лабораторні для визначення маси зразків.
- Термометр, мензурки, спиртівка або джерело для підготовки зразка (за методикою).
- Таблиці теплотворної здатності та довідкова література.
- Калькулятор або ПК для розрахунків.

Методика виконання роботи

Підготовка зразків

1. Визначити вид біопалива для дослідження.
2. Висушити тверде біопаливо до постійної маси (якщо потрібно).
3. Відважити зразок потрібної маси (залежно від типу колориметра, зазвичай 1–5 г для твердої сировини).

Визначення теплотворної здатності

1. Розмістити зразок у колориметрі відповідно до інструкції.
2. Провести згоряння зразка і зафіксувати підвищення температури води у колориметрі.
3. Обчислити теплоту згоряння за формулою:

$$Q = \frac{C \times \Delta T}{m}$$

де: Q — теплотворна здатність, кДж/кг або кВт·год/кг; C — теплоємність колориметра та води, кДж/°C; ΔT — підвищення температури, °C; m — маса зразка, кг.

4. Для рідкого або гранульованого біопалива використовують аналогічні методики з урахуванням специфіки палива.

Розрахунок енергетичного потенціалу

1. Перевести отримане значення у зручні одиниці (наприклад, кВт·год/кг).
2. Якщо потрібно, визначити енергетичний потенціал певної кількості біопалива:

$$E = M \cdot Q$$

де M — маса біопалива для розрахунку енергетичного потенціалу.

Аналіз результатів

1. Порівняти теплотворну здатність різних видів біопалива.
2. Оцінити ефективність використання кожного виду для виробництва енергії.
3. Зробити висновки щодо перспектив впровадження конкретного виду біопалива в біоенергетиці.

Оформлення результатів

Результати оформлюються у вигляді:

- таблиці з типом біопалива, масою зразка, ΔT , обчисленим Q та енергетичним потенціалом;
- графіків порівняння теплотворної здатності;
- висновків щодо ефективності різних видів біопалива.

Приклад таблиці:

Вид біопалива	Маса зразка, г	ΔT , °C	Теплотворна здатність, кВт·год/кг	Енергетичний потенціал, кВт·год
Солома	5	25	3,9	19,5
Пелети деревні	4	28	4,3	17,2
Біоетанол	3	30	7,1	21,3

Контрольні питання

1. Що таке теплотворна здатність і як вона характеризує біопаливо?
2. Які види біопалива мають найвищу теплотворну здатність і чому?
3. Як впливає вологість біопалива на його теплотворну здатність?
4. Чому для різних видів біопалива використовують різні методики визначення Q?
5. Як розрахувати енергетичний потенціал певної маси біопалива для використання у біоенергетиці?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ

Метою роботи є формування у студентів практичних навичок моделювання процесів анаеробного зброджування органічних відходів, розрахунку виходу біогазу, визначення складу та енергетичного потенціалу газу. Виконання цієї роботи дозволяє оцінити ефективність використання органічних відходів у біоенергетиці та підготувати студентів до практичної діяльності у сфері біоенергетики.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з процесом анаеробного зброджування та умовами виробництва біогазу.
2. Визначити масу органічних відходів для моделювання.
3. Використовуючи таблиці виходу біогазу та його склад, розрахувати об'єм газу, що виробляється.

4. Розрахувати енергетичний потенціал отриманого біогазу.
5. Оцінити вплив типу сировини на обсяг та якість біогазу.
6. Оформити результати у вигляді таблиць та графіків.

Обладнання та матеріали

- Дані про види органічних відходів:
 - відходи АПК (солома, силос, гній);
 - харчові відходи (овочеві, фруктові);
 - промислові органічні відходи (барди, залишки після переробки рослин).
- Методичні таблиці: вихід біогазу з 1 кг сировини, склад біогазу (% CH₄, CO₂, N₂).
- Калькулятор або ПК із Excel / Google Sheets для розрахунків.
- Література з біотехнології та біоенергетики.

Методика виконання роботи

Вибір сировини та визначення маси

1. Вибрати один або декілька видів органічних відходів для моделювання.
2. Визначити масу сировини М (кг), яку буде використано для розрахунку.

Розрахунок об'єму біогазу

1. Використати дані про середній вихід біогазу для обраної сировини (л/кг сировини).
2. Розрахувати об'єм біогазу V_{газ}:

$$V_{газ} = M \cdot Y$$

де: V_{газ} — об'єм біогазу, л; М — маса сировини, кг; Y — вихід біогазу з 1 кг сировини, л/кг.

Визначення складу біогазу

1. Згідно з літературними даними, визначити відсотковий вміст метану (CH₄) і вуглекислого газу (CO₂).
2. Розрахувати об'єм метану V_{CH₄} у отриманому біогазі:

$$V_{CH_4} = V_{газ} \times \frac{CH_4}{100\%}$$

3. За аналогією розрахувати об'єм CO₂.

Розрахунок енергетичного потенціалу

1. Використати теплотворну здатність метану: 1 м³ CH₄ ≈ 10 кВт·год.
2. Розрахувати енергетичний потенціал біогазу:

$$E = V \text{CH}_4 \cdot 10 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

де E — енергетичний потенціал біогазу, кВт·год.

Аналіз результатів

1. Порівняти вихід біогазу для різних видів органічних відходів.
2. Оцінити, які види сировини дають максимальний енергетичний ефект.
3. Обговорити можливості комбінованого використання різних видів сировини.

Оформлення результатів

Результати оформлюються у вигляді:

- таблиці з видом сировини, масою, виходом біогазу, складом газу та енергетичним потенціалом;
- графіка порівняння виходу та енергетичного потенціалу для різних відходів;
- короткого звіту з висновками щодо ефективності використання сировини для виробництва біогазу.

Приклад таблиці:

Вид сировини	Маса, кг	Вихід біогазу, л	CH ₄ , %	V(CH ₄), л	Енергетичний потенціал, кВт·год
Солома	100	25000	55	13750	137,5
Гній коров'ячий	100	20000	60	12000	120
Харчові відходи	50	15000	50	7500	75

Контрольні питання

1. Що таке біогаз і які органічні відходи придатні для його виробництва?

2. Які фактори впливають на вихід біогазу та вміст метану?
3. Як розрахувати об'єм метану та енергетичний потенціал біогазу?
4. Які переваги використання біогазу порівняно з іншими видами палива?
5. Які труднощі виникають при моделюванні процесу анаеробного зброджування?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Метою роботи є формування у студентів умінь оцінювати ефективність роботи біогазових установок, розраховувати енергетичний вихід та ефективність перетворення енергії з органічних відходів у біогаз. Робота дозволяє проаналізувати параметри установки, визначити коефіцієнт корисної дії та підготувати рекомендації щодо оптимізації процесу виробництва біогазу.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією та принципом роботи біогазової установки.
2. Визначити масу сировини та вихід біогазу з установки.
3. Розрахувати ефективність перетворення енергії сировини у біогаз.
4. Провести аналіз теплотворної здатності біогазу та визначити його енергетичний потенціал.
5. Оцінити вплив параметрів процесу (температура, час зброджування, склад сировини) на ефективність установки.
6. Оформити результати у вигляді таблиць та графіків і зробити висновки.

Обладнання та матеріали

- Дані про конструкцію та робочі параметри біогазової установки.
- Інформація про види органічних відходів та їх масу.

- Таблиці виходу біогазу та теплотворної здатності метану.
- Калькулятор або ПК із Excel / Google Sheets для розрахунків.
- Методичні матеріали з біоенергетики.

Методика виконання роботи

Збір даних

1. Вибрати тип біогазової установки для аналізу (малого або лабораторного масштабу).
2. Визначити масу сировини M , що подається у реактор, та вихід біогазу $V_{\text{газ}}$.
3. Встановити склад біогазу (CH_4 , CO_2 , інші компоненти).

Розрахунок енергетичного потенціалу

1. Визначити об'єм метану V_{CH_4} :

$$V_{\text{CH}_4} = V_{\text{газ}} \times \frac{\text{CH}_4}{100\%}$$

2. Розрахувати енергетичний потенціал біогазу:

$$E = V_{\text{CH}_4} \cdot Q_{\text{CH}_4}$$

$Q_{\text{CH}_4} \approx 10 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$ — теплотворна здатність метану.

Розрахунок ефективності біогазової установки

1. Визначити коефіцієнт ефективності перетворення енергії сировини у біогаз:

$$\eta = \frac{E}{E_{\text{сировина}}} \times 100\%,$$

де $E_{\text{сировина}}$ — енергетичний потенціал сировини, розрахований на основі маси та теплотворної здатності.

2. Оцінити втрати енергії та фактори, що знижують ефективність:
 - неповне зброджування;
 - відходи газу при виведенні;
 - температура та рН середовища.

Аналіз результатів

1. Порівняти ефективність різних типів сировини.
2. Визначити, які умови процесу дозволяють досягти максимального коефіцієнта ефективності.

3. Сформулювати рекомендації щодо підвищення продуктивності біогазової установки.

Оформлення результатів

Результати оформлюються у вигляді:

- таблиці з масою сировини, об'ємом біогазу, складом газу, енергетичним потенціалом та ефективністю;
- графіків залежності виходу біогазу та енергетичної ефективності від параметрів процесу;
- короткого звіту з висновками щодо ефективності та можливостей оптимізації установки.

Приклад таблиці:

Вид сировини	Маса, кг	Вихід біогазу, м ³	СН ₄ , %	V(СН ₄), м ³	Енергетичний потенціал, кВт·год	Ефективність, %
Солома	100	25	55	13,75	137,5	65
Гній	100	20	60	12	120	60
Харчові відходи	50	15	50	7,5	75	55

Контрольні питання

1. Що таке коефіцієнт ефективності біогазової установки і як його розрахувати?
2. Які фактори впливають на вихід біогазу та його склад?
3. Як обчислити енергетичний потенціал біогазу для різних видів сировини?
4. Чому ефективність установки зазвичай менше 100%?
5. Які заходи дозволяють підвищити ефективність біогазових установок?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

РОЗРАХУНОК ПОТЕНЦІАЛУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО РЕГІОНУ

Метою роботи є формування у студентів практичних навичок оцінки сонячного потенціалу регіону, розрахунку можливої генерації енергії сонячними панелями та визначення ефективності використання сонячної енергії. Робота дозволяє закріпити знання про сонячну радіацію, її змінність та фактори, що впливають на виробництво енергії з фотоелектричних систем.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з характеристиками сонячної радіації для обраного регіону (щомісячні або річні дані).
2. Визначити площу доступної поверхні для встановлення сонячних панелей.
3. Розрахувати потенційну потужність сонячної установки та очікувану генерацію електроенергії.
4. Оцінити ефективність використання сонячної енергії з урахуванням ККД панелей та втрат у системі.
5. Порівняти результати з енергоспоживанням об'єкта та зробити висновки щодо можливостей заміщення традиційних джерел енергії.

Обладнання та матеріали

- Дані про середню щоденну або щомісячну сонячну радіацію регіону (кВт·год/м²).
- Дані про доступну площу для установки панелей (м²).
- Технічні характеристики сонячних панелей: ККД (%), номінальна потужність.
- Калькулятор або ПК із Excel / Google Sheets для розрахунків.
- Методичні матеріали щодо розрахунку енергетичного потенціалу сонячних систем.

Методика виконання роботи

Збір даних

1. Визначити регіон для розрахунку потенціалу.
2. Зібрати дані про середню сонячну радіацію (H) для регіону ($\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2\cdot\text{день}$ або $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2\cdot\text{рік}$).
3. Встановити площу S для розміщення панелей (м^2).

Розрахунок потенційної генерації

1. Потенційну потужність системи розрахувати за формулою:

$$P=S\cdot H\cdot\eta$$

де: P — очікувана генерація електроенергії, $\text{кВт}\cdot\text{год}$; S — площа сонячних панелей, м^2 ; H — сонячна радіація, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$; η — ККД панелей (в десятковому виразі, наприклад, 0,18).

2. При необхідності врахувати коефіцієнт втрат у системі ($k \approx 0,85-0,9$):

$$P_{\text{еф}}=P\cdot k$$

Аналіз результатів

1. Порівняти отриману генерацію з потребами об'єкта в електроенергії.
2. Оцінити можливість часткового або повного заміщення традиційних джерел енергії сонячними панелями.
3. Проаналізувати сезонні коливання та їх вплив на виробництво енергії.

Оформлення результатів

Результати оформлюються у вигляді:

- таблиці з місячною або річною сонячною радіацією, площею панелей, ККД, очікуваною генерацією та ефективною генерацією з урахуванням втрат;
- графіка вироблення електроенергії по місяцях;
- короткого звіту з висновками щодо ефективності та доцільності використання сонячної енергії для конкретного регіону.

Приклад таблиці:

Місяць	Сонячна радіація, кВт·год/м ²	Площа панелей, м ²	ККД, %	Потенційна генерація, кВт·год	Ефективна генерація, кВт·год
Січень	50	20	18	180	153
Лютий	70	20	18	252	214
Березень	100	20	18	360	306
...
Грудень	45	20	18	162	138

Контрольні питання

1. Що таке потенціал сонячної енергії регіону і які фактори на нього впливають?
2. Як розрахувати очікувану генерацію сонячної установки для конкретної площі?
3. Які параметри сонячної панелі враховують у розрахунках (ККД, номінальна потужність)?
4. Як врахувати втрати у системі та сезонні коливання сонячної радіації?
5. Яким чином результати розрахунку можуть впливати на рішення про встановлення сонячної електростанції?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Метою роботи є формування у студентів навичок оцінки ефективності роботи фотоелектричних систем, розрахунку фактичної генерації електроенергії, визначення ККД системи та виявлення факторів, що впливають на вироблення електроенергії. Виконання цієї практичної роботи дозволяє підготувати студентів до аналізу реальних фотоелектричних установок та прийняття рішень щодо оптимізації їх роботи.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією та характеристиками фотоелектричної системи.
2. Визначити площу та встановлену потужність панелей.

3. Виконати розрахунок очікуваної та фактичної генерації електроенергії.
4. Розрахувати ККД фотоелектричної системи.
5. Проаналізувати вплив факторів (сонячної радіації, температури, кута нахилу панелей) на ефективність системи.
6. Оформити результати у вигляді таблиць, графіків та висновків.

Обладнання та матеріали

- Дані про фотоелектричну систему: площа панелей (м²), встановлена потужність (кВт), номінальна потужність панелей, ККД.
- Дані про середню сонячну радіацію регіону (кВт·год/м²).
- Калькулятор або ПК із Excel / Google Sheets для розрахунків.
- Таблиці для розрахунку генерації електроенергії та ефективності.
- Методичні матеріали з фотоелектрики та біоенергетики.

Методика виконання роботи

Розрахунок очікуваної генерації

1. Потенційну генерацію електроенергії $E_{\text{пот}}$ визначають за формулою:

$$E_{\text{пот}} = S \cdot H \cdot \eta$$

де: S — площа панелей, м²; H — щоденна або річна сонячна радіація, кВт·год/м²; η — номінальний ККД панелей (в десятковому вигляді, наприклад, 0,18).

2. Якщо потрібно врахувати втрати в системі (інвертор, провідники, забруднення), застосовують коефіцієнт $k \approx 0,85-0,9$:

$$E_{\text{еф}} = E_{\text{пот}} \cdot k$$

Розрахунок фактичної генерації

1. За даними реальних вимірювань або експерименту визначити об'єм виробленої електроенергії $E_{\text{факт}}$.
2. Визначити різницю між очікуваною та фактичною генерацією та виявити причини відхилень.

Розрахунок ККД системи

1. Коефіцієнт ефективності фотоелектричної системи визначається як:

$$\eta_{\text{системи}} = \frac{E_{\text{факт}}}{S \times H} 100\%$$

2. Оцінити вплив факторів на ККД:
 - температура модулів;
 - кут нахилу та орієнтація панелей;
 - забруднення поверхні;
 - сезонні коливання сонячної радіації.

Оформлення результатів

Результати оформлюються у вигляді:

- таблиці з площею панелей, очікуваною та фактичною генерацією, ККД;
- графіків залежності вироблення електроенергії від місяця або кута нахилу;
- висновків щодо ефективності та рекомендацій щодо оптимізації фотоелектричної системи.

Приклад таблиці:

Місяць	Площа панелей, м ²	Сонячна радіація, кВт·год/м ²	Потенційна генерація, кВт·год	Фактична генерація, кВт·год	ККД системи, %
Січень	20	50	180	160	89
Лютий	20	70	252	230	91
Березень	20	100	360	330	92
...

Контрольні питання

1. Як розрахувати очікувану генерацію електроенергії фотоелектричної системи?
2. Що впливає на фактичний ККД фотоелектричної системи?
3. Як врахувати втрати в системі при розрахунках?
4. Чому фактична генерація електроенергії зазвичай менше потенційної?
5. Які способи підвищення ефективності фотоелектричних систем можна застосувати?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №8

РОЗРАХУНОК ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ МІСЦЕВОСТІ

Метою роботи є формування у студентів практичних навичок оцінки вітроенергетичного потенціалу регіону, розрахунку можливої генерації електроенергії вітровими установками та визначення ефективності використання вітрової енергії. Робота дозволяє оцінити доцільність застосування вітрових турбін для забезпечення енергетичних потреб конкретного об'єкта або регіону.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з параметрами вітрових ресурсів у регіоні (середня швидкість вітру, щомісячні дані).
2. Визначити площу та висоту розташування вітрової турбіни.
3. Розрахувати потенційний енергетичний вихід вітрової установки.
4. Визначити ККД установки та ефективність використання вітрової енергії.
5. Оцінити сезонні коливання та вплив метеорологічних факторів на вироблення енергії.
6. Оформити результати у вигляді таблиць, графіків та висновків.

Обладнання та матеріали

- Дані про середню швидкість вітру V у регіоні (м/с).
- Технічні характеристики вітрової турбіни: номінальна потужність, діаметр ротора, ККД.
- Висота установки турбіни та площа, на яку впливає вітер.
- Калькулятор або ПК із Excel / Google Sheets для розрахунків.
- Методичні матеріали з вітроенергетики та біоенергетики.

Методика виконання роботи

Збір даних

1. Визначити регіон для аналізу та зібрати дані про середню швидкість вітру V (м/с) для кожного місяця або року.
2. Вказати параметри турбіни: діаметр ротора D , номінальна потужність P_n , ККД η .

Розрахунок енергетичного потенціалу

1. Обчислити середню кінетичну енергію вітру на площі ротора:

$$E_k = \frac{1}{2} \times \rho \times A \times V^3$$

де: E_k — енергетичний потік вітру, Вт; ρ — густина повітря ($\approx 1,225$ кг/м³); $A = \pi \cdot (D/2)^2$ — площа кола ротора, м²; V — швидкість вітру, м/с.

2. Визначити потенційну потужність турбіни:

$$P = E_k \cdot \eta$$

де η — коефіцієнт перетворення енергії вітру на електроенергію (ККД турбіни, зазвичай 0,3–0,45).

Розрахунок очікуваної генерації електроенергії

1. Визначити об'єм виробленої електроенергії за рік або місяць:

$$E_{ген} = P \cdot t$$

де t — час роботи турбіни на відповідному вітрі (год/рік).

2. Врахувати коефіцієнт використання номінальної потужності (CUF) для реалістичної оцінки:

$$E_{факт} = E_{ген} \cdot CUF$$

Аналіз результатів

1. Порівняти енергетичний потенціал для різних швидкостей вітру та сезонних коливань.
2. Визначити ефективність використання вітрової енергії для конкретної місцевості.
3. Оцінити доцільність встановлення вітрових турбін та можливості комбінованого використання з іншими джерелами енергії.

Оформлення результатів

Результати оформлюються у вигляді:

- таблиці з місячною швидкістю вітру, площею ротора, потужністю турбіни, очікуваною та фактичною генерацією;
- графіка сезонних коливань енергії вітру;
- висновків щодо ефективності та доцільності використання вітрових турбін у регіоні.

Приклад таблиці:

Місяць	Середня швидкість вітру, м/с	Площа ротора, м ²	Потужність турбіни, кВт	Потенційна генерація, кВт·год	Фактична генерація, кВт·год
Січень	5	50	50	9000	6750
Лютий	6	50	50	11664	8748
Березень	7	50	50	14450	10838
...

Контрольні питання

1. Що таке вітроенергетичний потенціал місцевості і як його оцінюють?
2. Як розрахувати потужність турбіни на основі швидкості вітру та площі ротора?
3. Що таке коефіцієнт використання номінальної потужності (CUF) і чому його враховують?
4. Які фактори впливають на сезонні коливання вироблення електроенергії вітровою турбіною?
5. Які рекомендації можна дати щодо оптимального використання вітрових ресурсів у конкретній місцевості?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №9 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВІДНОВЛЮВАНИХ ТА ТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Метою роботи є формування у студентів умінь проводити комплексний аналіз відновлюваних та традиційних джерел енергії, оцінювати їхні переваги та недоліки, а також визначати ефективність, екологічність і економічну

доцільність застосування різних джерел енергії в конкретних умовах. Робота спрямована на розвиток аналітичного мислення та навичок прийняття обґрунтованих енергетичних рішень.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з характеристиками основних традиційних джерел енергії (вугілля, нафта, природний газ, атомна енергія).
2. Ознайомитися з характеристиками основних відновлюваних джерел енергії (сонячна, вітрова, гідроенергія, біомаса, геотермальна).
3. Визначити ключові критерії для порівняння:
 - ефективність вироблення енергії;
 - витрати на виробництво та експлуатацію;
 - екологічна безпека та викиди парникових газів;
 - стабільність та передбачуваність енергопостачання;
 - соціально-економічні аспекти.
4. Провести розрахунки або оцінки за обраними критеріями для конкретного регіону або об'єкта.
5. Побудувати таблиці та графіки порівняння.
6. Зробити висновки щодо доцільності використання відновлюваних і традиційних джерел енергії.

Обладнання та матеріали

- Дані про ефективність, ККД та виробництво енергії для традиційних джерел.
- Дані про потенціал відновлюваних джерел енергії для обраного регіону.
- Літературні джерела та методичні матеріали з біоенергетики, енергетики та екології.
- Калькулятор або ПК для розрахунків та побудови графіків.

Методика виконання роботи

Визначення критеріїв порівняння

1. Вибрати основні критерії оцінки джерел енергії (ефективність, ККД, витрати, екологічність).

2. Для кожного джерела енергії зібрати відповідні дані з літератури та статистики.

Розрахунок показників

1. Для кожного джерела енергії розрахувати або оцінити:
 - енергетичну віддачу на одиницю сировини або площі;
 - середні витрати на виробництво та експлуатацію (грн/кВт·год);
 - викиди CO₂ або інших забруднювальних речовин.
2. Стандартизувати дані для порівняння (наприклад, перерахунок на 1 кВт·год).

Побудова порівняльної таблиці

1. Створити таблицю, в якій відображаються всі критерії для кожного джерела енергії.
2. Побудувати графіки порівняння:
 - ККД і ефективність;
 - витрати на виробництво;
 - екологічні показники (викиди CO₂).

Аналіз результатів

1. Визначити переваги та недоліки кожного джерела енергії.
2. Оцінити, які джерела є більш доцільними для конкретного регіону з урахуванням економічних, екологічних та соціальних факторів.
3. Сформулювати рекомендації щодо комбінованого використання джерел енергії для забезпечення стабільного та екологічно безпечного енергопостачання.

Оформлення результатів

Результати оформлюються у вигляді:

- таблиці порівняння джерел енергії за всіма критеріями;
- графіків для візуального порівняння (ККД, витрати, екологічність);
- висновків щодо доцільності застосування відновлюваних і традиційних джерел енергії.

Приклад таблиці:

Джерело енергії	ККД, %	Вартість виробництва, грн/кВт·год	Викиди CO ₂ , кг/кВт·год	Переваги	Недоліки
Вугілля	35	1,5	0,9	Надійне постачання	Високі викиди CO ₂
Природний газ	45	2,0	0,45	Вища ефективність	Вразливість до цінкових коливань
Сонячна енергія	18	3,0	0	Екологічна чистота	Залежність від погоди
Вітрова енергія	30	2,5	0	Екологічна чистота	Нестабільна генерація
Біомаса	25	2,0	0,2–0,3	Використання відходів	Необхідність сировини

Контрольні питання

1. Які основні критерії використовують для порівняння джерел енергії?
2. Які переваги відновлюваних джерел енергії порівняно з традиційними?
3. Чому економічні та екологічні показники важливі при виборі джерела енергії?
4. Як сезонність та місце розташування впливають на ефективність відновлюваних джерел?
5. Які поєднання джерел енергії можуть забезпечити стабільність енергопостачання?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №10

ОЦІНКА ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РІЗНИХ ВИДІВ ПАЛИВА

Метою роботи є формування у студентів умінь оцінювати вплив використання різних видів палива на викиди парникових газів (ПГ), проводити порівняльний аналіз традиційних та альтернативних джерел енергії з точки зору екології та кліматичної безпеки, а також розраховувати потенційні скорочення викидів при переході на відновлювані джерела енергії.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з характеристиками основних видів палива: вугілля, нафта, природний газ, біомаса, біогаз, відходи.
2. Визначити вміст вуглецю та теплотворну здатність палива.
3. Розрахувати обсяг CO₂, CH₄ та інших ПГ, що виділяються при спалюванні конкретної кількості палива.
4. Порівняти викиди для традиційних та відновлюваних джерел енергії.
5. Оцінити потенційну економію та скорочення викидів при заміні традиційного палива на альтернативні джерела.
6. Оформити результати у вигляді таблиць та графіків.

Обладнання та матеріали

- Дані про теплотворну здатність та хімічний склад різних видів палива.
- Калькулятор або ПК із Excel / Google Sheets для розрахунків.
- Методичні матеріали з енергетики, екології та біоенергетики.
- Літературні джерела щодо викидів парникових газів.

Методика виконання роботи

Підготовка даних

1. Вибрати види палива для аналізу.
2. Визначити масу або обсяг палива для спалювання M.
3. Зібрати дані про вміст вуглецю та теплотворну здатність палива.

Розрахунок викидів CO₂

1. Визначити масу вуглецю у спалюваному паливі:

$$m_C = M \times w_C$$

де w_C — масова частка вуглецю у паливі.

2. Розрахувати масу CO₂, що виділяється:

$$m_{CO_2} = m_C \cdot \frac{44}{12}$$

де 44/12 — молярне співвідношення CO₂ до C.

Розрахунок викидів інших ПГ

1. Для метану та інших газів використовують таблиці коефіцієнтів викидів для кожного виду палива (кг СН₄/кВт·год або кг/т).
2. Маса викидів визначають за формулою:

$$m_{PG} = M \times EF$$

де EF — коефіцієнт викидів відповідного газу.

Порівняльний аналіз

1. Скласти таблицю викидів ПГ для кожного виду палива.
2. Побудувати графік порівняння викидів CO₂ та сумарних ПГ.
3. Розрахувати потенційне скорочення викидів при заміні традиційного палива на біомасу, біогаз або інші відновлювані джерела.

Оформлення результатів

Результати оформлюються у вигляді:

- таблиці з масою палива, вмістом вуглецю, теплотворною здатністю, викидами CO₂ та інших ПГ;
- графіків порівняння викидів для різних видів палива;
- висновків щодо екологічної доцільності використання відновлюваних джерел енергії.

Приклад таблиці:

Вид	Маса	Вміст	Викиди	Викиди	Сумарн	Примітка
-----	------	-------	--------	--------	--------	----------

палива	палива, кг	C, %	CO ₂ , кг	CH ₄ , кг	i ПГ, кг	
Вугілля	1000	70	2566	1,2	2567,2	Традиційне джерело
Природний газ	1000	75	2750	0,5	2750,5	Традиційне джерело
Біомаса	1000	50	1833	0,1	1833,1	Відновлюване джерело
Біогаз	1000	60	2200	0,05	2200,05	Відновлюване джерело

Контрольні питання

1. Як розрахувати викиди CO₂ при спалюванні палива?
2. Які фактори впливають на кількість виділених парникових газів?
3. Чим відрізняються викиди традиційного палива від відновлюваного?
4. Як оцінити потенційну користь від переходу на альтернативні джерела енергії?
5. Які методи зменшення викидів ПГ можна застосувати на практиці?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №11 РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ БІОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПРОЄКТУ

Метою роботи є формування у студентів умінь розробляти концепцію біоенергетичного проєкту, враховуючи технічні, економічні та екологічні аспекти, а також проводити первинну оцінку доцільності впровадження біоенергетичних рішень для конкретного регіону або об'єкта. Робота дозволяє студентам інтегрувати теоретичні знання та практичні навички з біоенергетики, економіки та екології.

Завдання роботи

1. Визначити об'єкт або регіон для реалізації біоенергетичного проєкту.
2. Вибрати джерело біоенергії (біомаса, біогаз, відходи сільського господарства або харчової промисловості).
3. Оцінити наявну сировинну базу та її потенціал.

4. Розробити технічну схему виробництва енергії (проект установки або комплексу).
5. Розрахувати очікувану продуктивність і енергетичний вихід.
6. Провести економічну оцінку проєкту (витрати, окупність, можливий дохід).
7. Оцінити екологічні переваги проєкту (скорочення викидів ПГ, утилізація відходів).
8. Підготувати концептуальний звіт із технічними схемами, таблицями та графіками.

Обладнання та матеріали

- Дані про наявні біоресурси (біомаса, відходи, сировина).
- Технічні характеристики біоенергетичних установок (біогазових, пелетних, комбінованих).
- Калькулятор або ПК із Excel / Google Sheets для розрахунків.
- Методичні матеріали з біоенергетики, економіки та екології.

Методика виконання роботи

Вибір об'єкта та джерела біоенергії

1. Визначити територію або підприємство, де можна реалізувати проєкт.
2. Обрати вид біоенергії на основі доступної сировини та умов регіону.

Оцінка сировинної бази

1. Зібрати дані про кількість доступної сировини (т/рік) та її теплотворну здатність.
2. Визначити потенційну кількість енергії, яку можна отримати:

$$E = M \times Q \times \eta$$

де: M — маса сировини, т; Q — теплота згоряння або енергетичний потенціал, кВт·год/т; η — ККД установки.

Розробка технічної схеми

1. Скласти блок-схему проєкту: приймання сировини →

підготовка → перетворення енергії → накопичення/передача.

2. Вказати тип обладнання, потужність, кількість та взаємозв'язок.

Економічна оцінка

1. Розрахувати витрати на:
 - закупівлю та підготовку сировини;
 - будівництво та монтаж установки;
 - експлуатацію та обслуговування.
2. Визначити очікуваний дохід від продажу енергії або тепла.
3. Розрахувати строк окупності та економічну доцільність проекту.

Екологічна оцінка

1. Оцінити скорочення викидів CO₂ та інших парникових газів порівняно з традиційним паливом.
2. Визначити користь від утилізації відходів і зменшення забруднення навколишнього середовища.

Підготовка концептуального звіту

1. Скласти звіт із блок-схемою, таблицями розрахунків, графіками та коротким описом економічної та екологічної ефективності проекту.
2. Підготувати висновки та рекомендації щодо впровадження.

Оформлення результатів

Результати оформлюються у вигляді:

- концептуальної блок-схеми біоенергетичного проекту;
- таблиць із розрахунками потенційної енергії, витрат, доходів та окупності;
- графіків енергетичного потенціалу та економічної ефективності;
- висновків щодо доцільності та екологічності проекту.

Приклад таблиці потенційного виходу енергії:

Вид сировини	Маса, т/рік	Теплотворна здатність, кВт·год/т	ККД установки, %	Потенційний вихід енергії, кВт·год/рік
--------------	-------------	----------------------------------	------------------	--

Відходи сільгосп.	500	4000	35	700 000
Біомаса лісова	200	4500	40	360 000
Харчові відходи	100	3500	30	105 000

Контрольні питання

1. Які ключові етапи розробки біоенергетичного проєкту?
2. Як оцінити енергетичний потенціал сировини для проєкту?
3. Які фактори враховують при економічній оцінці біоенергетичних проєктів?
4. Як оцінюють екологічну ефективність біоенергетичного проєкту?
5. Які основні переваги та ризики при впровадженні біоенергетичних проєктів?

ПРАКТИЧНА РОБОТА №12 АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ (ВДЕ) У БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЦТВАХ

Метою роботи є формування у студентів умінь проводити комплексний аналіз можливостей використання відновлюваних джерел енергії на біотехнологічних підприємствах, оцінювати економічну та екологічну доцільність впровадження ВДЕ, а також пропонувати ефективні енергетичні рішення для підвищення сталості та енергоефективності виробництв.

Завдання роботи

1. Ознайомитися з основними видами відновлюваних джерел енергії (сонячна, вітрова, біомаса, біогаз, гідроенергія) та їх застосуванням у промисловості.
2. Вивчити особливості енергоспоживання біотехнологічних виробництв (теплова та електрична енергія, потреби у парі та охолодженні).
3. Проаналізувати потенціал ВДЕ для конкретного

біотехнологічного підприємства.

4. Оцінити економічну доцільність впровадження ВДЕ: витрати на обладнання, окупність, економію енергії.
5. Оцінити екологічні вигоди: зменшення викидів CO₂, утилізація відходів, підвищення енергоефективності.
6. Сформувати пропозиції щодо оптимального поєднання традиційних і відновлюваних джерел енергії для підприємства.

Обладнання та матеріали

- Дані про енергоспоживання обраного біотехнологічного виробництва (електроенергія, тепло, пар).
- Технічні характеристики можливих установок ВДЕ (сонячні панелі, біогазові та біомасові установки, малі вітротурбіни).
- Літературні та нормативні джерела з біоенергетики, ВДЕ та промислового енергоменеджменту.
- Калькулятор або ПК із Excel / Google Sheets для розрахунків.

Методика виконання роботи

Аналіз енергоспоживання підприємства

1. Визначити річне або місячне споживання електроенергії та теплової енергії.
2. Визначити пікові навантаження та основні точки споживання.

4.2. Визначення потенціалу ВДЕ

1. Обрати види ВДЕ, які доцільно впровадити (наприклад, біогаз із відходів виробництва, сонячні панелі для електропостачання, комбіновані системи).
2. Розрахувати потенційний вихід енергії для кожного виду ВДЕ:

$$E_{ВДЕ} = M \times Q \times \eta$$

де: M — кількість сировини або площа установки; Q — тепла або електрична енергія на одиницю сировини/площі; η — ККД установки.

Оцінка економічної ефективності

1. Визначити витрати на придбання та монтаж обладнання.
2. Розрахувати економію витрат на електроенергію та тепло.
3. Оцінити окупність та можливий прибуток від впровадження ВДЕ.

Оцінка екологічних вигод

1. Розрахувати зменшення викидів CO₂ та інших парникових газів.
2. Оцінити утилізацію відходів виробництва (для біомаси та біогазу).

Розробка рекомендацій

1. Визначити оптимальну комбінацію джерел енергії для підприємства.
2. Сформувати пропозиції щодо модернізації енергетичної системи підприємства з урахуванням економічної та екологічної доцільності.

Приклад таблиці аналізу потенціалу ВДЕ:

Вид ВДЕ	Потенційна енергія, кВт·год/рік	ККД, %	Вартість впровадження, тис. грн	Окупність, років	Скорочення CO ₂ , т/рік
Біогаз із відходів	500 000	35	2000	6	350
Сонячні панелі	300 000	18	1500	7	200
Комбінована система	700 000	30	3200	5,5	500

Оформлення результатів

Результати оформлюються у вигляді:

- таблиці з порівнянням споживання енергії та потенціалу ВДЕ;
- розрахунків економічної ефективності та окупності;
- графіків зменшення викидів ПГ та потенційної генерації енергії;
- висновків та рекомендацій щодо впровадження ВДЕ на підприємстві.

Контрольні питання

1. Які фактори впливають на доцільність впровадження ВДЕ у біотехнологічних виробництвах?
2. Як оцінюють економічну ефективність впровадження ВДЕ?
3. Яким чином ВДЕ впливає на зменшення викидів парникових газів?
4. Як визначити оптимальну комбінацію джерел енергії для підприємства?
5. Які рекомендації щодо впровадження ВДЕ можна дати для конкретного біотехнологічного виробництва?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії / Ін-т відновлюваної енергетики НАН України. Київ, 2024. 128 с.
2. Білодід В. Д. Відновлювані джерела енергії в енергетиці України. *Сучасні проблеми енергетики України : зб. наук. пр.* Київ : Енергетика, 2019. С. 45–78.
3. Використання відновлюваних джерел енергії: аналітичний огляд. Київ : Держ. енергетичне агентство, 2021. 104 с.
4. Відновлювані джерела енергії / Ін-т відновлюваної енергетики НАН України. Київ, 2024. 312 с.
5. Відновлювані джерела енергії : монографія / Ін-т відновлюваної енергетики НАН України. Київ, 2024. 276 с.
6. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Біоенергетика. Київ, 2023. 56 с.
7. Енциклопедія сучасної України: Відновлювані джерела енергії / редкол.: І. М. Дзюба та ін. Київ : Наукова думка, 2012. Т. 6. С. 34395–34400.
8. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії : підручник. Київ : Нац. бібліотека України ім. В. І. Вернадського, 2019. 220 с.

9. Лежнюк П. Д. та ін. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії. Вінниця : Універсум, 2017. 192 с.
10. Методичні вказівки до виконання лабораторних і практичних робіт з дисципліни «Поновлювальні та альтернативні джерела енергії» / уклад. О. В. Немикіна. Запоріжжя, 2020. 68 с.
11. Немикіна О. В. Поновлювальні та альтернативні джерела енергії : навч. посіб. / Нац. ун-т «Запорізька політехніка». Запоріжжя, 2020. 184 с.
12. Олійник М. Енергоощадність та альтернативні джерела енергії : навч. посібник. Київ, 2018. 172 с.
13. Про альтернативні джерела енергії : Закон України від 20.02.2003 № 555-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 28. ст. 169.
14. Титко Р., Калініченко В. Відновлювані джерела енергії. Полтава : Полтавський держ. аграр. ун-т, 2010. 198 с.